



IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE
SUBMISSION OF PRIORITY DOCUMENTS

APPLICANT(S): Tabuchi, et al. DOCKET NO.: 0112780-017
SERIAL NO: 09/730,813 GROUP ART UNIT: 1763
FILED: December 6, 2000 EXAMINER: Unknown
INVENTION: SERVICE TREATMENT APPARATUS

Assistant Commissioner for Patents
Washington, D.C. 20231

SIR:

Please enter of record in the file of the above application, the attached certified copy of Japanese Patent Application Nos. 11-347108 filed on December 7, 1999; 2000-037482 filed on February 16, 2000; and 2000-066106 filed on March 10, 2000. Applicants claim priority of December 7, 1999, the earliest filing date of the attached Japanese application under the provisions of Rule 55 and 35 U.S.C. §119, and referred to in the Declaration of this application.

Although Applicants believe no fees are due with this submission, the Commissioner is authorized to charge any fees which may be required, or to credit any overpayment to account No. 02-1818.

Respectfully submitted,

(Reg. No. 37,557)

Michael S. Leonard
Bell, Boyd & Lloyd LLC
P.O. Box 1135
Chicago, Illinois 60690-1135
Telephone: (312) 807-4270
ATTORNEY FOR APPLICANTS

CERTIFICATE OF MAILING

I hereby certify that this correspondence is being deposited with the United States Postal Service as First Class Mail in an envelope addressed to: Assistant Commissioner for Patents, Washington, D.C. 20231 on March 9, 2001.

1763
#3

FAX RECEIVED
MAR 14 2001
GROUP 1700



日 本 国 特 許 庁
PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

NF-2063
US

#3

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application:

1999年12月 7日

出 願 番 号
Application Number:

平成11年特許願第347108号

出 願 人
Applicant(s):

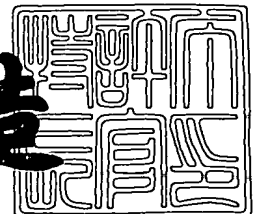
株式会社小松製作所

TELEX RECEIVED
GROUP 17001
MAR 12 2001

2000年12月 8日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2000-3103406

【書類名】 特許願

【整理番号】 N99111

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 C23C 16/50

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県平塚市万田 1 2 0 0 株式会社小松製作所 研究本部内

【氏名】 田渕 俊宏

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県平塚市万田 1 2 0 0 株式会社小松製作所 研究本部内

【氏名】 石田 晃一

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県平塚市万田 1 2 0 0 株式会社小松製作所 研究本部内

【氏名】 水上 裕之

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県平塚市万田 1 2 0 0 株式会社小松製作所 研究本部内

【氏名】 高尻 雅之

【特許出願人】

【識別番号】 000001236

【氏名又は名称】 株式会社小松製作所

【代理人】

【識別番号】 100091948

【弁理士】

【氏名又は名称】 野口 武男

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 011095

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9704242

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 表面処理装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 プラズマ発生手段、原料ガス導入口、及び基板支持台を備えたケーシング内に、前記プラズマ発生手段によりプラズマを発生させて原料ガスをプラズマ化し、前記基板支持台上に載置された基板表面をプラズマ処理する表面処理装置であって、

前記ケーシングは、前記プラズマ発生手段を備えたプラズマ発生室と前記基板支持台を備えた基板処理室との二室に画成され、

前記基板処理室と前記プラズマ発生室とが一以上のプラズマ吹出口を介して連通されてなり、

少なくとも一の前記プラズマ吹出口がホロー放電の発生域とされてなることを特徴とする表面処理装置。

【請求項 2】 アノード及びカソードからなる一対のプラズマ発生電極、原料ガス導入口、及び基板支持台を備えたケーシング内に、前記プラズマ発生電極によりプラズマを発生させて原料ガスをプラズマ化し、前記基板支持台上に載置された基板表面をプラズマ処理する表面処理装置であって、

前記ケーシングは、前記プラズマ発生電極を備えたプラズマ発生室と前記基板支持台を備えた基板処理室との二室に画成され、

前記基板処理室と前記プラズマ発生室とが一以上のプラズマ吹出口を介して連通されてなり、

前記カソード電極は、一以上のホローカソード放電発生域を有してなることを特徴とする表面処理装置。

【請求項 3】 アノード及びカソードからなる一対のプラズマ発生電極、原料ガス導入口、及び基板支持台を備えたケーシング内に、前記プラズマ発生電極によりプラズマを発生させて原料ガスをプラズマ化し、前記基板支持台上に載置された基板表面をプラズマ処理する表面処理装置であって、

前記ケーシングは、前記プラズマ発生電極を備えたプラズマ発生室と前記基板支持台を備えた基板処理室との二室に画成され、

前記基板処理室と前記プラズマ発生室とが一以上のプラズマ吹出口を介して連通されてなり、

少なくとも一の前記プラズマ吹出口がホロー放電の発生域とされてなり、

前記カソード電極は、一以上のホローカソード放電発生域を有してなることを特徴とする表面処理装置。

【請求項 4】 少なくとも一の前記プラズマ吹出口における最小部分の開口幅 $W(A)$ は、 $W(A) \leq 5 L(e)$ 又は $W(A) \leq 20 X$ のいずれかを満足する範囲に設定されてなる請求項 1 ～ 3 のいずれかに記載の表面処理装置。

但し、 $L(e)$: 所望のプラズマ発生条件下において、原料ガス種及びそこから分解発生する電氣的に中性の原子、分子種（活性種）のうち最も直径の小さな原子又は分子種（活性種）に対する電子の平均自由行程

X : 所望のプラズマ発生条件下において発生するシース層の厚み

【請求項 5】 前記カソード電極は、前記アノード電極の対向面に一以上の凹部を有してなり、少なくとも一の前記凹部が前記ホローカソード放電発生域とされてなる請求項 2 又は 3 記載の表面処理装置。

【請求項 6】 前記カソード電極は中空状をなし、同カソード電極は前記アノード電極の対向部分に 1 以上の貫通孔を有してなり、少なくとも一の前記貫通孔が前記ホローカソード放電発生域とされてなる請求項 2 又は 3 記載の表面処理装置。

【請求項 7】 前記凹部又は前記貫通孔における最小部分の開口幅 $W(C)$ は、 $W(C) \leq 5 L(e)$ 又は $W(C) \leq 20 X$ のいずれかを満足する範囲に設定されてなる請求項 5 又は 6 記載の表面処理装置。

但し、 $L(e)$: 所望のプラズマ発生条件下において、原料ガス種及びそこから分解発生する電氣的に中性の原子、分子種（活性種）のうち最も直径の小さな原子又は分子種（活性種）に対する電子の平均自由行程

X : 所望のプラズマ発生条件下において発生するシース層の厚み

【請求項 8】 前記プラズマ吹出口及び／又は凹部、貫通孔の近傍に磁場が形

成されてなる請求項 1 ～ 3 のいずれかに記載の表面処理装置。

【請求項 9】 中空状をなす前記カソード電極の中空内部がホローカソード放電の発生域とされてなる請求項 6 記載の表面処理装置。

【請求項 10】 中空状をなす前記カソード電極の中空内部の高さ H は、 $H \leq 5 L(e)$ 又は $H \leq 20 X$ のいずれかを満足する範囲に設定されてなる請求項 9 記載の表面処理装置。

但し、 $L(e)$: 所望のプラズマ発生条件下において、原料ガス種及びそこから分解発生する電氣的に中性の原子、分子種（活性種）のうち最も直径の小さな原子又は分子種（活性種）に対する電子の平均自由行程

X : 所望のプラズマ発生条件下において発生するシース層の厚み

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は基板への各種表面処理、特に基板への成膜処理に適した表面処理装置に関し、更に詳しくは、微結晶薄膜を高品質で且つ高速に成膜することが可能な表面処理装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

従来の平行平板型プラズマ CVD (Chemical Vapor Deposition) 装置は、ケーシング内に一對の平板状のプラズマ発生電極が平行に対向して設けられている。前記プラズマ発生電極のうち、一方の電極は基板支持台としての機能を兼ね備えており、更に、同装置は基板の温度を、気相成長に適した温度に調整するためにヒータが設けられている。前記一方の電極に基板を載置した状態で、両プラズマ発生電極間に高周波数の電源（13.56 MHz の電源）による電圧が印加されると、これら電極間で放電が行われる。この放電によりプラズマが発生し、原料ガス、例えばモノシランガスがプラズマ化され、前記基板表面にシリコン膜が形成される。

【0003】

かかる従来の平行平板型のプラズマCVD装置にあっては、基板を載置する平板状の前記プラズマ発生電極の面積を大きくすることで、大面積の基板を一度の成膜処理で成膜することができるといった利点を有している。しかしながら、従来の平行平板型のプラズマCVD装置にあっては、両プラズマ発生電極によりプラズマ化された原料ガスは成膜ガス処理室内に均一に拡散され、その一部が前記電極上に載置された基板の成膜に寄与するだけである。このため原料ガスの利用効率が低く、例えばアモルファスシリコン薄膜や微結晶シリコン薄膜を基板上に成膜しようとする場合、成膜速度が $1 \sim 2 \text{ \AA/sec.}$ 程度と、投入電力が大きいにもかかわらず、成膜速度は遅い。そのため太陽電池などの比較的膜厚の厚い半導体デバイスを製作するには、更に長時間を要し、低スループット、高コストの主要因となっていた。

【0004】

そこで、成膜速度を上げるために、高周波電源による投入電力を増大させることも考えられる。しかしながら、両プラズマ発生電極間には当然に電流が流れており、この電流の大きさに応じてプラズマ内の荷電粒子数が決まる。この荷電粒子は各電極に対してプラスにバイアスされており、より低電位の各電極や電極上に載置された基板に向けて加速され、同基板に直接衝突する。この荷電粒子の基板への衝突によるダメージで、同基板は膜質に劣化を来す。かかる荷電粒子の衝突数やエネルギーは投入電力の増大に伴って増加し、同荷電粒子の衝突ダメージによる膜質の劣化も著しくなる。更には高周波電源による高周波電力の増大に伴い、気相中で微粉末が多量に発生することになり、微粉末による膜質の劣化も飛躍的に増大することとなる。

【0005】

従って、従来の平行平板型のプラズマCVD装置にあっては、こうした荷電粒子の衝突によるダメージや微粉末による膜質の劣化を避けるために、投入電力（投入パワー）を抑え、電流を少なくせざるを得ない。即ち、実質的には投入電力、電流の上限値が存在し、成膜速度を一定レベル以上に高めることができなかった。

【0006】

これに対して、特開平 1 1 - 1 4 5 4 9 2 号公報に開示されている走行する被処理体である帯状部材への光起電力素子の形成装置は、高周波電力印加電極（カソード電極）の放電空間における表面積を、前記帯状部材を含むアノード電極全体の放電空間における表面積よりも大きくし、グロー放電生起時のカソード電極の電位を帯状部材を含む接地されたアノード電極に対して + 3 0 V 以上の正電位を維持させている。更に、前記カソード電極には前記帯状部材の走行方向に直交して複数のしきり状電極を設置し、隣り合うしきり状電極の間にも放電を生起させている。このように、帯状部材及びアノード電極に対してカソード電極を + 3 0 V 以上の正電位に維持すると共に、しきり状電極をもつ上述のようなカソード電極構造とすることにより、帯状部材を含むアノード電極側において材料ガスの励起、分解反応を促進している。

【 0 0 0 7 】

上記公報に開示された光起電力素子の形成装置は確かに、帯状部材を含むアノード電極側において材料ガスの励起、分解反応を促進することにより、成膜速度は向上すると考えられる。しかしながら、帯状部材とカソード電極との空間においてもグロー放電を発生させているため、相変わらず荷電粒子の衝突によるダメージは避けられない。

【 0 0 0 8 】

そこで、例えば特開昭 6 1 - 3 2 4 1 7 号公報に開示されている薄膜形成装置は、基板に薄膜形成を行うための真空室内に、対向する一对のプラズマ発生電極を有する画成室からなる活性化気体発生装置が配されている。前記活性化気体発生装置の一壁部には活性化気体を真空室内へと噴出するための単一の細孔が形成されている。また、前記真空室内には前記細孔に対向する位置に基板が支持されている。

【 0 0 0 9 】

前記薄膜形成装置では前記一对のプラズマ発生電極に高周波電圧を印加して、両電極間にグロー放電を発生させてプラズマを作る。前記活性化気体発生装置内に導入された原料ガスは、このプラズマによって分解される。このとき、真空室に配された真空ポンプと前記細孔のコンダクタンスとを調整することにより、前

記真空室の真空度を前記活性化気体発生装置よりも2～3桁低くなるようにして、活性化された原料ガスを基板に向けて前記細孔から噴出させる。

【0010】

このように薄膜形成を行う真空室内において画成された活性化気体発生装置の内部にプラズマ発生電極を配し、同活性化気体発生装置において活性化された原料ガスを基板に向けて積極的に吹き付ける薄膜形成装置では、投入電力を増大させることなく、成膜速度を高めることができる。更には、投入電力を増大させてより強いプラズマを発生させた場合にも、プラズマ発生電極は画成された前記活性化気体発生装置内に設置されており、同電極間でのグロー放電により基板へダメージを与える虞れが全くない。そのため、投入電力を増大させて成膜速度を更に高めることが可能となる。また、成膜速度が高まるにもかかわらず、薄膜の結晶化も促進され、従来よりも速い成膜速度で高品質の薄膜を形成することができる。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】

このように、プラズマ発生室と成膜処理室とを画成することにより成膜速度が高まってはいるが、更なる成膜速度の向上が望まれており、特に、太陽電池等の用途として微結晶薄膜の高速成膜が強く望まれている。

そこで本発明はかかる要望を達成すべく、更に高速且つ高品質に表面処理が可能な表面処理装置を提供することを目的とする。

【0012】

【課題を解決するための手段及び作用効果】

かかる課題を解決するために、請求項1に係る発明は、プラズマ発生手段、原料ガス導入口、及び基板支持台を備えたケーシング内に、前記プラズマ発生手段によりプラズマを発生させて原料ガスをプラズマ化し、前記基板支持台上に載置された基板表面をプラズマ処理する表面処理装置であって、前記ケーシングは、前記プラズマ発生手段を備えたプラズマ発生室と前記基板支持台を備えた基板処理室との二室に画成され、前記基板処理室と前記プラズマ発生室とが一以上のプラズマ吹出口を介して連通されてなり、少なくとも一の前記プラズマ吹出口がホ

ロー放電の発生域とされてなることを特徴としている。

【0013】

なお、プラズマ発生手段としては、カソード及びアノードからなる一対のプラズマ発生電極による放電や、三極以上の電極を有する放電、マイクロ波放電、容量結合型放電、誘導結合型放電、PIG放電、電子線励起放電などの手段を採用できる。

【0014】

前記プラズマ吹出口は、前記基板処理室とプラズマ発生室との隔壁に形成されている。このプラズマ吹出口に発生するホロー放電は、同プラズマ吹出口の電位によりホローカソード放電又はホローアノード放電となる。

【0015】

なお、前記プラズマ発生手段としてカソード及びアノードからなる一対のプラズマ発生電極を採用する場合には、そのいずれかの電極を前記隔壁として採用することもできる。例えば前記隔壁としてアノード電極を使用し、前記プラズマ吹出口を同アノード電極に形成した場合には、前記ホロー放電はホローアノード放電となり、前記隔壁としてカソード電極を使用し、前記プラズマ吹出口を同カソード電極に形成した場合には、前記ホロー放電はホローカソード放電となる。

【0016】

更に、本件請求項2に係る発明は、アノード及びカソードからなる一対のプラズマ発生電極、原料ガス導入口、及び基板支持台を備えたケーシング内に、前記プラズマ発生電極によりプラズマを発生させて原料ガスをプラズマ化し、前記基板支持台上に載置された基板表面をプラズマ処理する表面処理装置であって、前記ケーシングは、前記プラズマ発生電極を備えたプラズマ発生室と前記基板支持台を備えた基板処理室との二室に画成され、前記基板処理室と前記プラズマ発生室とが一以上のプラズマ吹出口を介して連通されてなり、前記カソード電極は、一以上のホローカソード放電発生域を有してなることを特徴としている。

【0017】

また、本件請求項3に係る発明は、アノード及びカソードからなる一対のプラズマ発生電極、原料ガス導入口、及び基板支持台を備えたケーシング内に、前記

プラズマ発生電極によりプラズマを発生させて原料ガスをプラズマ化し、前記基板支持台上に載置された基板表面をプラズマ処理する表面処理装置であって、前記ケーシングは、前記プラズマ発生電極を備えたプラズマ発生室と前記基板支持台を備えた基板処理室との二室に画成され、前記基板処理室と前記プラズマ発生室とが一以上のプラズマ吹出口を介して連通されてなり、少なくとも一の前記プラズマ吹出口がホロー放電の発生域とされてなり、前記カソード電極は、一以上のホローカソード放電発生域を有してなることを特徴としている。

【0018】

なお、本発明においては、放電のための主たる電力を印加する側の電極をカソード電極とし、同カソード電極に対向する電極をアノード電極としている。

プラズマ発生手段として一对のプラズマ発生電極を採用する本件請求項2に係る発明及び請求項3に係る発明の場合には、前記アノード電極又は前記カソード電極のいずれかにより前記プラズマ発生室と前記基板処理室とを画成することができる。このときは、前記プラズマ発生室と前記基板処理室とを画成する電極にプラズマ吹出口を形成する。或いは、別途、前記プラズマ発生室と前記基板処理室とを画成する仕切り板を配し、同仕切り板にプラズマ吹出口を形成してもよい。

【0019】

上記表面処理装置により表面処理を施すには、先ず、プラズマ発生手段又はプラズマ発生電極によりプラズマ発生室内にプラズマを発生させる。このとき、前記基板処理室の室圧を前記プラズマ発生室よりも低圧に調整することにより、同プラズマ発生室内のプラズマは、前記プラズマ吹出口から前記基板処理室内へと流れ出る。前記プラズマ発生室内で発生し、基板処理室へと吹き出して基板表面へ到るまでの間のプラズマに原料ガスを導入する。この原料ガスをプラズマにより活性化して、表面処理に寄与する活性種を生成し、前記プラズマの流れにより前記処理室内の基板表面へと活性種が到達し、同基板にエッチングや成膜等の表面処理が施される。

【0020】

本件請求項1に係る発明にあつては、少なくとも一の前記プラズマ吹出口にお

いて、ホロー放電を発生させることが重要である。このホロー放電によって前記プラズマ吹出口において新たにプラズマが生成されるため、基板処理室へと導かれるプラズマの密度が高められる。更には、プラズマ発生室内で発生したプラズマは、ホロー放電の発生しているプラズマ吹出口を通過する際に、前記プラズマ内の荷電粒子（電子又はイオン）のエネルギーが低下される。電子のエネルギーを低下させることにより、電子は、原料ガスから表面処理に寄与する活性種を生成するに十分であり、しかも基板表面に衝突して損傷させるイオンは生成することの少ない適度な強度のエネルギーとなるため、イオンを増加させることなく活性種の数を増やすことができる。また、プラズマ内のイオンのエネルギーを低下させることにより、同イオンは基板へ衝突して損傷させるといったことが減少する。

【 0 0 2 1 】

このように、ホロー放電により、プラズマ密度が向上して表面処理に寄与する活性種が増加するため、表面処理の速度が高められる。また、プラズマ内に存在する、基板に衝突してダメージを与えるイオンのエネルギーを低下させることにより、基板表面の劣化を抑制でき、高品質の表面処理を実現できる。

【 0 0 2 2 】

本件請求項 2 に係る発明にあっては、前記カソード電極においてホローカソード放電を発生させることが重要である。前記ホローカソード放電を発生させることにより、そのホローカソード放電発生域において新たにプラズマが生成されるため、基板処理室へと導かれるプラズマの密度が大きくなり、表面処理に寄与する活性種が増加するため、表面処理の速度が更に高められる。

【 0 0 2 3 】

更に本件請求項 3 に係る発明にあっては、上述したホロー放電とホローカソード放電との両方を発生させている。そのため、ホロー放電及びホローカソード放電のそれぞれの上述した作用効果を併せ持つこととなり、表面処理の速度及び品質がより高められる。

【 0 0 2 4 】

前記基板としてはガラス、有機フィルム、或いは S U S 等の金属を使用するこ

とができる。さらに本発明の表面処理装置は成膜やアッシング、エッチング等の各種表面処理に使用できるが、前記基板表面にアモルファスシリコンや、更には微結晶シリコンなどのシリコン薄膜や酸化膜を成膜する際に特に好適に使用される。

【 0 0 2 5 】

前記プラズマ吹出口を多数設ける場合に、特に、その全ての吹出口においてホロー放電を生じせしめれば、大面積の基板に対しても均一な薄膜を高速で成膜することができるため、好ましい。

【 0 0 2 6 】

前記原料ガス導入口は、前記プラズマ発生室内に開口させてもよく、或いは、前記プラズマ発生室内にはキャリアガスのみを導入し、前記原料ガス導入口は前記プラズマ吹出口の側面に開口させることもできる。更には、例えば原料ガス導入用のパイプなどの導入手段を用いて、前記原料ガス導入口を基板処理室内に開口させ、原料ガスを基板処理室内における前記プラズマ吹出口と基板との間に導入してもよい。前記原料ガス導入口を前記吹出口に開口させる場合や、基板処理室内に開口させる場合には、前記原料ガスは前記吹出口を通過するプラズマ化されたキャリアガスによりプラズマ化される。この場合には、前記プラズマ発生室の内壁面が前記原料ガスにより汚染されることがない。

【 0 0 2 7 】

なお、前記プラズマ発生電極には直流電源又は高周波電源を接続して直流～高周波電圧まで印加することが可能であるが、特に、高周波電力を投入することが好ましい。更に、カソード電極及びアノード電極にそれぞれ直流又は交流の電源によってバイアスを印加することもできる。

【 0 0 2 8 】

前記プラズマ吹出口においてホロー放電を発生させるために、本件請求項 4 に係る発明では、少なくとも一の前記プラズマ吹出口における最小部分の開口幅 $W(A)$ を、 $W(A) \leq 5 L(e)$ 又は $W(A) \leq 20 X$ のいずれかを満足する範囲に設定している。但し、 $L(e)$ は所望のプラズマ発生条件下において、原料ガス種及びそこから分解発生する電氣的に中性の原子、分子種（活性種）のうち最も直径の

小さな原子又は分子種（活性種）に対する電子の平均自由行程であり、 X とは所望のプラズマ発生条件下において発生するシース層の厚みである。また、少なくとも一の前記プラズマ吹出口における最小部分の前記開口幅 $W(A)$ は、 $X/5 \leq W(A)$ をも満足する範囲に設定することが好ましい。

【0029】

なお、電子とガス分子（原子を含む）との散乱における電子の平均自由行程は、ガス圧、原子・分子の散乱断面積及び温度に依存するが、前記プラズマ発生条件には、これらガス圧、原子・分子の散乱断面積、及び温度などが含まれている。

【0030】

前記プラズマ吹出口の前記開口幅 $W(A)$ を上記範囲に設定することにより、前記プラズマ吹出口において効果的にホロー放電を発生させることができると共に、前記吹出口から効率良くプラズマを吹出させることができる。

【0031】

なお、本発明において前記プラズマ吹出口の開口幅 $W(A)$ とは、前記プラズマ吹出口の開口形状が円形の場合には直径であり、矩形状やスリット形状の場合には短辺の長さ寸法である。すなわち、開口形状における最短寸法部分を開口幅 $W(A)$ としている。前記プラズマ吹出口の形状はプラズマ発生室のプラズマを積極的に吹出口内に引き込み、基板処理室においてプラズマを所望の角度で拡散させて噴出することのできる形状を採用している。例えば、円形断面の円柱形状や、プラズマ発生室から基板処理室に向けて拡径する載頭円錐形状、及びその組み合わせ、更には上流側の略半部が下流側に向けて縮径し、下流側の半部が下流側に向けて拡径する形状などが挙げられる。更には上述したように断面が矩形状の角柱状であってもよく、スリット形状とすることも可能である。

【0032】

本件請求項5に係る発明によれば、前記カソード電極は、アノード電極対向面に一以上の凹部を有してなり、少なくとも一の前記凹部がホローカソード放電の発生域とされている。

また、本件請求項6に係る発明によれば、前記カソード電極は中空状をなし、

同カソード電極のアノード電極対向部分に 1 以上の貫通孔を有してなり、少なくとも一の前記貫通孔がホローカソード放電の発生域とされている。

【0033】

このように、前記カソード電極に凹部を形成したり、或いはカソード電極を中空状とし貫通孔を形成し、それら凹部又は貫通孔をホローカソード放電の発生域とすることにより、実質的にプラズマと接触するカソード電極の表面積が増大する。それにより、グロー放電生成時におけるカソード電極の電位（自己バイアス）をプラスの方向へともっていくことができ、接地されているアノード電極近傍での投入電力の消費、すなわち原料ガスの励起、分解反応を促進し、表面処理の速度を向上させることができる。

【0034】

このような自己バイアスの制御はプラズマ空間電位の制御にもつながり、イオンの基板への衝突によるダメージの大きさをも意図的に調整できる。従って、例えば成膜処理を施す場合に、その結晶性薄膜の結晶性を制御することができる。

【0035】

前記凹部又は前記貫通孔において効果的にホローカソード放電を発生させるために、本件請求項 7 に係る発明では、前記凹部又は前記貫通孔における最小部分の開口幅 $W(C)$ を、 $W(C) \leq 5 L(e)$ 又は $W(C) \leq 20 X$ のいずれかを満足する範囲に設定している。但し、 $L(e)$ は所望のプラズマ発生条件下において、原料ガス種及びそこから分解発生する電氣的に中性の原子、分子種（活性種）のうち最も直径の小さな原子又は分子種（活性種）に対する電子の平均自由行程であり、 X とは所望のプラズマ発生条件下において発生するシース層の厚みである。

なお、前記凹部又は前記貫通孔の断面形状は円形や多角形などを採用でき、その開口形状における最短寸法部分を開口幅 $W(C)$ としている。更に、少なくとも一の前記プラズマ吹出口における最小部分の前記開口幅 $W(C)$ は、 $X/5 \leq W(C)$ をも満足する範囲に設定することが好ましい。

【0036】

また、本件請求項 8 に係る発明によれば、前記プラズマ吹出口及び／又は凹部、貫通孔、即ち、前記プラズマ吹出口及び／又は凹部、或いは前記プラズマ吹出

口及び／又は貫通孔の近傍に磁場が形成されている。ここで「近傍」とは前記プラズマ吹出口、凹部、貫通孔の内部や、同吹出口、凹部、貫通孔の開口周縁或いはその近傍を含む。また、前記磁石はその磁場の磁力線が前記プラズマ吹出口、凹部、貫通孔の軸線方向と平行になるように配することが好ましい。

【0037】

磁場の強さは前記プラズマ吹出口及び／又は凹部、貫通孔の中心部で1～2000mTとすることが好ましく、更には5～500mTとすることが好ましい。また、プラズマ吹出口及び／又は凹部、貫通孔の内壁面及びその近傍では磁場の強さを2～2000mTとすることが好ましく、更には5～1000mTとすることが好ましい。

【0038】

このように磁場を配することにより、電子の軌道を調整して、ホロー放電が生じている前記プラズマ吹出口内及びその近傍や、ホローカソード放電が生じている前記凹部又は貫通孔の内部及びその近傍に電子を長時間留まらせることができ、表面処理に寄与する活性種の生成が促進される。そのため、表面処理速度が更に向上する。なお、この磁場により電子のエネルギーには何ら変化はないため、電子エネルギーが大きくなって悪影響を及ぼすイオンを生成することもなく、高品質な表面処理を維持できる。

【0039】

また、前記プラズマ吹出口及び／又は凹部、貫通孔の少なくとも片側の開口縁にノズル体を突設させることが好ましい。同ノズル体はその中心線を前記プラズマ吹出口及び／又は凹部、貫通孔の軸線方向と一致させてもよく、或いは同ノズル体の中心線を前記プラズマ吹出口及び／又は凹部、貫通孔の同軸線方向に対して角度をもって配設してもよい。また、前記ノズル体の形状も、断面形状が一定の筒体や、断面寸法を漸減又は漸増させる筒体であってもよい。更には、チューブ状のノズル体をらせん状に配してもよい。

【0040】

前記プラズマ吹出口及び／又は凹部、貫通孔に前記ノズル体を突設させることにより、前記プラズマ吹出口の形成されている部材や、前記カソード電極の厚み

寸法を不必要に厚くすることがなく、前記プラズマ吹出口及び／又は凹部、貫通孔の長さ寸法を自由に設定でき、その長さを大きくすればホロー放電やホローカソード放電の発生域が広がるため、プラズマ密度も高まり表面処理速度も向上する。

【0041】

更に、前記ノズル体のノズル長が不定長であることが好ましい。すなわち、プラズマ吹出口及び／又は凹部、或いはプラズマ吹出口及び／又は貫通孔において、その全てのノズル体が均一の長さとする必要はなく、適宜、変化させることができる。このようにノズル体の長さを変化させることにより、基板へ到達するプラズマの強度を、その基板の全表面において均一化することができる。

【0042】

本件請求項9に係る発明によれば、中空状をなす前記カソード電極の中空内部がホローカソード放電の発生域とされている。

このように、中空内部においてもホローカソード放電を発生させることで、プラズマの密度を更に高めることができると共に、プラズマに接触するカソード電極の表面積を増大させることにより、自己バイアスを更に正方向の電位へと制御ができるため、原料ガスの励起、分解反応が著しく促進され表面処理の速度も向上する。

【0043】

更に前記カソード電極の表面積を増やすために、中空状をなす前記カソード電極には、中空内部の高さ方向に延びる1以上の隔壁を配することが好ましい。すなわち、前記カソード電極の中空内部が前記隔壁により複数に面成されることが好ましい。この場合には、それぞれの面成された領域ごとに少なくとも1の前記貫通孔を形成する必要がある。

【0044】

前記カソード電極の中空内部においてホローカソード放電を効率よく発生させるために、本件請求項10に係る発明によれば、中空状をなす前記カソード電極の中空内部の高さHが、 $H \leq 5 L(e)$ 又は $H \leq 20 X$ のいずれかを満足する範囲に設定される。但し、 $L(e)$ は所望のプラズマ発生条件下において、原料ガス種

及びそこから分解発生する電氣的に中性の原子、分子種（活性種）のうち最も直径の小さな原子又は分子種（活性種）に対する電子の平均自由行程であり、 X とは所望のプラズマ発生条件下において発生するシース層の厚みである。中空状をなす前記カソード電極の中空内部の前記高さ H は、 $X/5 \leq H$ をも満足する範囲に設定することが好ましい。

【0045】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態について、図面及び好適な実施例を参照して具体的に説明する。

図1は本発明の第1実施例である表面処理装置1の概略図である。同装置1は外気と遮断され、接地されたケーシング2が、プラズマ発生室3と基板処理室4との2室に画成されている。

【0046】

前記プラズマ発生室3内には一対のプラズマ発生電極5、6が上下に平行に配されている。一対の電極5、6のうち高周波電源Pに接続されている上方の電極（カソード電極）5は前記ケーシング2の絶縁体により形成されている上壁2aに取り付けられており、一方、接地されている下方の電極（アノード電極）6は、前記プラズマ発生室3と前記基板処理室4とを画成している。なお、前記アノード電極6は接地されているケーシング2の周壁2bに取り付けられているが、これに限定されるものではなく、ケーシング2の任意の位置に取り付けることが可能である。

【0047】

前記アノード電極6の中心には円形の通孔7が形成されており、同通孔7は本発明のプラズマ吹出口7を構成する。このプラズマ吹出口7を介して前記プラズマ発生室3と基板処理室4とが連通されている。なお、前記アノード電極6とは別途に前記プラズマ発生室3と基板処理室4とを画成するための仕切り板を配し、同仕切り板にプラズマ吹出口を形成することもできる。

【0048】

本実施例においては、前記プラズマ吹出口7の断面形状を円形としているが、

他にも例えば矩形状としたり、或いはプラズマ発生室 3 から基板処理室 4 に向けて拡径する載頭円錐形状や、載頭角錐形状、更には上流側の略半部が下流側に向けて縮径し、下流側の半部が下流側に向けて拡径する形状などとすることも可能である。また、前記プラズマ吹出口 7 をスリット形状とすることも可能である。

【0049】

前記プラズマ吹出口 7 の開口幅 $W(A)$ 、すなわち直径 $W(A)$ は、 $W(A) \leq 5 L(e)$ 又は $W(A) \leq 20 X$ のいずれかを満足する範囲に設定している。但し、 $L(e)$ は所望のプラズマ発生条件下において、原料ガス種及びそこから分解発生する電氣的に中性の原子、分子種（活性種）のうち最も直径の小さな原子又は分子種（活性種）に対する電子の平均自由行程であり、 X とは所望のプラズマ発生条件下において発生するシース層の厚みである。かかる範囲に設定することにより、前記プラズマ吹出口 7 をホローアノード放電の発生域とすることができる。更に好ましくは、前記開口幅 $W(A)$ を $X/5 \leq W(A)$ の範囲に設定する。

【0050】

上方のカソード電極 5 は前記アノード電極 6 との対向面に、断面が円形をなす複数の凹部 5 a が形成されている。この凹部 5 a の開口幅 $W(C)$ 、すなわち直径 $W(C)$ は、 $W(C) \leq 5 L(e)$ 又は $W(C) \leq 20 X$ のいずれかを満足する範囲に設定している。但し、 $L(e)$ は所望のプラズマ発生条件下において、原料ガス種及びそこから分解発生する電氣的に中性の原子、分子種（活性種）のうち最も直径の小さな原子又は分子種（活性種）に対する電子の平均自由行程であり、 X とは所望のプラズマ発生条件下において発生するシース層の厚みである。更に好ましくは、前記開口幅 $W(C)$ は $X/5 \leq W(C)$ の範囲に設定される。前記プラズマ発生条件のうちガス圧が $10 \sim 1400 \text{ Pa}$ の範囲内にあるときは、前記凹部 5 a の直径は $0.1 \sim 100 \text{ mm}$ の範囲に設定され、より好ましくは $1 \sim 20 \text{ mm}$ である。前記凹部 5 a の直径をかかる範囲に設定することにより、前記凹部 5 a をホローカソード放電の発生域とすることができる。

【0051】

また、前記プラズマ吹出口 7 の長さ方向（厚さ方向）の寸法 T 、及び前記凹部 5 a の深さ D は概ね $X/50$ を下限とする。上限は装置寸法上の制約、すなわち

前記アノード電極 6 の厚み、又は前記カソード電極 5 の厚みによって決定される。このプラズマ吹出口 7 の長さ T 及び前記凹部 5 a の深さ D は、上述したガス圧及び直径の場合には 0.3 mm ~ 100 mm が好ましい。なお、ホローカソード放電を効率良く発生させる観点からは、前記プラズマ吹出口 7 の長さ T や前記凹部 5 a の深さ D は大きいほうが有利であり、より強いプラズマを発生させることができる。そのため、前記プラズマ吹出口 7 や前記凹部 5 a の開口縁部にノズル体を取り付けて、前記プラズマ吹出口 7 の実質的な長さ T や前記凹部 5 a の実質的な深さ D を大きくさせることもできる。

【0052】

なお、本実施例にあっては前記凹部 5 a は円形断面であるが、他にも多角形状としてもよい。断面積も一定でなくてもよく、軸線方向に断面積を変化させ、例えば底面が開口よりも大きく、或いは小さい凹部であってもよい。更には、前記凹部 5 a を矩形状や渦巻き形状の溝構造とすることもできる。このような矩形状や渦巻き形状溝構造とする場合には、その凹部 5 a の開口幅 W (C) とは溝幅（溝壁間の寸法）であり、この溝幅を上述の範囲内で設定する。また、前記凹部 5 a の内壁面に部分的な凹凸を形成してもよい。複数の前記凹部 5 a は、互いに同一寸法及び同一形態とする必要は無く、異なる寸法及び形態をもつ凹部 5 a を複数形成してもよい。

【0053】

本実施例にあっては、前記ケーシング 2 の上壁 2 a 及びカソード電極 5 を貫通してガス供給口 8 が形成されており、このガス供給口 8 からプラズマ発生室 3 内に、成膜処理の場合には例えばモノシラン等の原料ガスと、プラズマの発生を促進すると共にプラズマを安定化し、且つ原料ガスを基板 S まで搬送するためのキャリアガスとの混合ガスを導入している。なお、このガス供給口 8 は円筒状に限定されるものではなく、矩形筒状であってもよい。

【0054】

更に、同ガス供給口 8 の形成位置も上述の位置に限定されるものではなく、任意の位置に形成することが可能である。例えば図 2 に示すように、前記凹部 5 a の底部に開口する位置に形成してもよく、或いは前記アノード電極 6 の周壁部に

開口する位置に形成することもできる。また、前記ガス供給口 8 を複数形成することもできる。

【0055】

なお、前記ガス供給口 8 からはプラズマ発生室 3 へキャリアガスのみを導入して、原料ガスは別途、異なる導入口を設けて前記プラズマ発生室 3 の内部へ、或いは、成膜処理室 4 の内部へと導入することもできる。

【0056】

前記基板処理室 4 内には前記プラズマ吹出口 7 に対向する位置に基板支持台 9 が配されている。本実施例においては前記基板支持台 9 は接地されているため、同支持台 9 上に載置された基板 S も同様に接地されることとなる。なお、前記基板支持台 9 を接地せずに直流的又は交流的にバイアス印加することも、パルスのバイアス印加することも可能である。また、前記基板支持台 9 にはヒータが内蔵されており、前記基板支持台 9 の上面に載置された基板 S の温度を、気相成長に適した温度に調整する。

なお、前記基板処理室 4 は図示せぬバルブ、圧力調整弁及び真空ポンプにより、前記プラズマ発生室 3 よりも低い室圧に調整されている。

【0057】

上記表面処理装置 1 により成膜処理を施す場合に、前記カソード電極 5 に高周波電源 P により高周波電力を投入すると、前記電極 5, 6 間で放電が起こり、前記プラズマ発生室 3 内にプラズマが発生する。そのプラズマにより、同プラズマ発生室 3 内に導入された原料ガス及びキャリアガスが活性化され、成膜に寄与する活性種が生成される。このとき、前記基板処理室 4 は室圧を前記プラズマ発生室 3 よりも低圧に調整しているため、同プラズマ発生室 3 内のプラズマは、前記プラズマ吹出口 7 から前記基板処理室 4 内へと流れ出る。このプラズマの流れにより前記処理室 4 内の基板 S 表面がプラズマ処理され、同基板 4 の表面に薄膜が形成される。

【0058】

このとき、前記カソード電極 5 には複数の凹部 5 a が形成されており、しかも同凹部 5 a の開口幅 W (C) が上述の範囲内に設定されているため、印加する高周

波電力に応じて通常のグロー放電からホローカソード放電を含む放電に移行する。同凹部 5 a においてホローカソード放電が発生し、同凹部 5 a において新たなプラズマが発生する。そのため、前記プラズマ発生室 3 内において発生するプラズマは密度の大きなプラズマとなり、成膜処理に寄与する活性種が増加するため、表面処理の速度が高められる。また、前記カソード電極 5 に凹部 5 a を形成することにより、実質的にプラズマと接触するカソード電極 5 の表面積が増大する。それにより、放電生成時における自己バイアスをよりプラスの方向へと導いていくことができ、接地されているアノード電極 6 近傍での原料ガスの励起、分解反応を促進し、表面処理の速度を向上させることができる。

【0059】

更には、前記プラズマ吹出口 7 の開口幅 W(A) を上述の範囲内に設定することにより、前記プラズマ吹出口 7 にはホローアノード放電が発生する。このホローアノード放電によって前記プラズマ吹出口 7 には新たにプラズマが生成されるため、基板処理室 4 へと導かれるプラズマの密度が高められる。更には、プラズマ発生室 3 内で発生したプラズマが、ホローアノード放電の発生域であるプラズマ吹出口 7 を通過する際に、前記プラズマ内の電子のエネルギーが、活性種を生成するに十分で、イオンを生成するには不十分な強度まで適度に低減されるため、基板処理室 4 へと導かれるプラズマは成膜に寄与する活性種が更に増大し、密度の大きなプラズマとなり、成膜速度が著しく向上する。更には、ホローアノード放電の発生しているプラズマ吹出口 7 を通過する際に、前記プラズマ内のイオンエネルギーも低下するため、基板処理室 4 へと導かれたプラズマには、基板に衝突してダメージを与えるイオンが少なく、高品質な成膜が可能となる。

【0060】

なお、上記実施例では前記アノード電極 6 を接地しているが、前記電極 5, 6 にそれぞれ直流又は交流の電源又はパルス電源によってバイアスを印加することもできる。更には、上述の実施例ではアノード電極 6 によりプラズマ発生室 3 と基板処理室 4 とを画成しているが、前記アノード電極 6 とは別途にプラズマ吹出口を有する仕切り板を設けてプラズマ発生室 3 と基板処理室 4 とを画成することもできる。

また、上述した装置を用いて、アッシングやエッチング等の他の表面処理を行う場合にも、従来よりも低温で且つ高速に表面処理を行うことが可能である。

【0061】

以下、本発明の他の実施例について図面を参照して具体的に説明する。なお、以下の説明において、上述の第1実施例と同一の構成には同一の符号を付し、その詳細な説明は省略する。

【0062】

図3は、第2実施例による表面処理装置20の概略図である。同装置20は、カソード電極5に形成された凹部5aの内壁面及びプラズマ吹出口7の内壁面に磁石10が配されている点で上述した第1実施例と異なるが、その他の構成は上記第1実施例の表面処理装置1と同一である。なお、前記磁石10は、前記凹部5aや前記プラズマ吹出口7に磁場を付与するように配されていればよく、例えば前記内壁面内に埋設したり、或いは図4(a)に示すように前記カソード電極5内の前記凹部5aの上方に埋設してもよい。更には図4(b)に示すように、前記カソード電極5の外部に配することもできる。なお、これらの磁石10の配置にあたっては、前記磁石10がプラズマに直接晒されることがないように磁石10を取り付けることが好ましい。

【0063】

前記磁石10の磁場は、磁力線の方が上記凹部5a及びプラズマ吹出口7の各軸線方向と平行になるように印加されている。同磁石の強度は前記凹部5a及びプラズマ吹出口7のそれぞれの軸中心において1~2000mT、内壁面及びその近傍では2~2000mTとし、より好ましくは軸中心で5~500mT、内壁面及びその近傍で5~1000mTである。

【0064】

このように凹部5a及びプラズマ吹出口7に磁場を形成することにより、そこに発生しているプラズマ内の電子の軌道を前記磁場により調整し、前記凹部及びプラズマ吹出口7の内部に電子を長く留まらせることができる。この電子の軌道調整により、電子のエネルギー（電子温度）を高めることなく、原料ガスへの電子の作用時間を長くできるため、活性種の生成が促進され、成膜速度が向上する

【0065】

また、磁石 10 を配して磁場を形成することにより、凹部 5 a の開口幅 $W(C)$ や深さ D 又はプラズマ吹出口 7 の開口幅 $W(A)$ の寸法の許容範囲が、磁石 10 を配していない場合に比べて概ね 30 % 程度広がる。

【0066】

なお、本実施例では全ての凹部 5 a 及びプラズマ吹出口 7 に磁石 10 を配しているが、それら全てに磁石 10 を配するのではなく、選択されたいずれかにのみ磁石 10 を配することもできる。更には電磁石等の手段により磁場を形成することも可能である。また、磁石の極性を含めた磁場の配置と同磁場の強度とは、プラズマ密度を高めるよう任意に設定される。

【0067】

図 5 は、第 3 実施例による表面処理装置 21 の概略図である。同装置 21 は、カソード電極 11 が中空円柱状をなしている点で上述した第 1 実施例と異なるが、その他の構成は上記第 1 実施例の表面処理装置 1 と同一である。

【0068】

中空円柱状をなす前記カソード電極 11 は、アノード電極 6 との対向部分、すなわち前記カソード電極 11 の下壁部 11 a に、円形断面をもつ複数の貫通孔 11 b が形成されている。この貫通孔 11 b をホローカソード放電の発生域とし得るよう、その開口幅 $W(C)$ 、すなわち直径 $W(C)$ を $W(C) \leq 5 L(e)$ 又は $W(C) \leq 20 X$ のいずれかを満足する範囲に設定している。但し、 $L(e)$ は所望のプラズマ発生条件下において、原料ガス種及びそこから分解発生する電氣的に中性の原子、分子種（活性種）のうち最も直径の小さな原子又は分子種（活性種）に対する電子の平均自由行程であり、 X は所望のプラズマ発生条件下において発生するシース層の厚みである。更に、前記開口幅 $W(C)$ は $X/5 \leq W(C)$ の範囲に設定されることが好ましい。前記プラズマ発生条件のうちガス圧が $10 \sim 1400$ Pa の範囲内にあるときは、前記貫通孔 11 b の直径は $0.1 \sim 100$ mm の範囲に設定され、より好ましくは $1 \sim 20$ mm である。前記貫通孔 11 b の直径をかかる範囲に設定することにより、前記貫通孔 11 b にホローカソード放電が発

生する。

【0069】

また、前記貫通孔 1 1 b の長さ T、すなわち本実施例の場合には前記下壁部 1 1 a の厚み T は概ね $X/50$ を下限とする。上限は装置寸法上の制約によって決定される。この貫通孔 1 1 b の長さ T は上述したガス圧及び直径の場合には、0.3～70 mm が好ましい。

【0070】

なお、本実施例にあっては前記貫通孔 1 1 b は円形断面であるが、他にも多角形状としてもよい。断面積も一定でなくてもよく、軸線方向に断面積を変化させてもよい。更には、前記貫通孔 1 1 b を断面が矩形状のスリット構造としたり、或いは渦巻き形状のスリット構造とすることもできる。このようなスリット構造とする場合には、その貫通孔 1 1 b の開口幅 W (C) とはスリット幅であり、このスリット幅を上述の範囲内で設定する。また、前記貫通孔 1 1 b の内壁面に部分的な凹凸を形成してもよい。複数の前記貫通孔 1 1 b は、互いに同一寸法及び同一形態とする必要は無く、異なる寸法及び形態をもつ貫通孔 1 1 b を複数形成してもよい。

【0071】

更に、本実施例にあっては、前記カソード電極 1 1 の中空内部をホローカソード放電の発生域とし得るよう、前記カソード電極 1 1 の中空内部の高さ H を、 $H \leq 5 L(e)$ 又は $H \leq 20 X$ のいずれかを満足する範囲に設定している。但し、 $L(e)$ は所望のプラズマ発生条件下において、原料ガス種及びそこから分解発生する電氣的に中性の原子、分子種（活性種）のうち最も直径の小さな原子又は分子種（活性種）に対する電子の平均自由行程であり、 X は所望のプラズマ発生条件下において発生するシース層の厚みである。更に、前記中空内部の高さ H は、 $X/5 \leq H$ の範囲に設定することが好ましい。前記プラズマ発生条件のうちガス圧が上述したように 10～1400 Pa の範囲内にあり、且つ貫通孔 1 1 b の寸法が上述の範囲に有る場合には、中空内部の高さ H は 0.2～200 mm に設定することが好ましい。

【0072】

前記カソード電極 1 1 の上壁部 1 1 c の中心に円筒状のガス供給口 1 1 d を形成し、このガス供給口 1 1 d から前記カソード電極 1 1 の中空内部に、モノシラン等の原料ガスと、プラズマの発生を促進すると共にプラズマを安定化し、且つ原料ガスを基板 S まで搬送するためのキャリアガスとの混合ガスを導入している。なお、このガス供給口 1 1 d は円筒状に限定されるものではなく、矩形筒状であってもよい。更に、同ガス供給口 1 1 d の形成位置も前記上壁部 1 1 c の中心に限定されるものではなく、任意の位置に形成することが可能である。

【 0 0 7 3 】

かかるガス供給口 1 1 d から前記カソード電極 1 1 の中空内部に導入された混合ガスは、前記貫通孔 1 1 b から前記プラズマ発生室 3 内にシャワー状に導入される。このように、混合ガスを一旦、前記カソード電極 1 1 の中空内部に貯留したのち、前記貫通孔 1 1 b からシャワー状に前記プラズマ発生室 3 内に導入することにより、前記混合ガスを均一の濃度及び圧力で前記プラズマ発生室 3 内に導入することができる。

【 0 0 7 4 】

なお、前記カソード電極 1 1 の中空内部にはキャリアガスのみを導入して、原料ガスは別途、異なる導入口を設けて前記プラズマ発生室 3 の内部へ、或いは、成膜処理室 4 の内部へと導入することもできる。

【 0 0 7 5 】

前記カソード電極 1 1 に高周波電源 P により高周波電力を投入すると、前記電極 1 1, 6 間で放電が起こり、前記プラズマ発生室 3 内にプラズマが発生する。印加する高周波電力に応じて通常のグロー放電からホローカソード放電を含む放電に移行する。このとき、前記カソード電極 1 1 は、前記貫通孔 1 1 b にホローカソード放電が発生し、同貫通孔 1 1 b において新たなプラズマが発生すると共に、同カソード電極 1 1 の中空内部においてもホローカソード放電が発生して新たなプラズマが発生している。そのため、前記プラズマ発生室 3 内において発生するプラズマは密度の大きなプラズマとなり、成膜処理に寄与する活性種が増加するため、表面処理の速度が高められる。また、前記カソード電極 1 1 は中空形状であり、貫通孔 1 1 b を形成して同貫通孔 1 1 b と中空内部とにプラズマを発

生させているため、実質的にプラズマと接触するカソード電極 11 の表面積が、上述した第 1 実施例の場合よりも更に増大する。それにより、放電生成時における自己バイアスをよりプラスの側へともっていくことができ、接地されているアノード電極 6 近傍での原料ガスの励起、分解反応を促進し、表面処理の速度をより向上させることができる。

〈実験 1〉

第 3 実施例による表面処理装置 21 において、カソード電極 11 の貫通孔 11b の直径を 2～20 mm、同貫通孔 11b の長さ寸法 T を 2～8 mm、中空内部の高さ H を 2～20 mm に設定し、水素ガス圧を 133 Pa として、周波数が 13.56 MHz の RF パワーを 0.02 W/cm^2 で印加した。その結果、プラズマ吹出口 7 ではホローアノード放電が発生し、また、前記カソード電極 11 の貫通孔 11b 及びその中空内部ではホローカソード放電が発生した。

【0076】

更に、このときのカソード電極 11 の自己バイアスは最も低い値であっても -9 V であった。これに対して、カソード電極 11 の貫通孔 11b の径を 1 mm とし、同貫通孔 11b 及び中空内部においてホローカソード放電を発生させない、通常の正規放電型では、ガス圧及び RF パワーを同一とした場合のカソード電極の自己バイアスが -30 V であり、また通常の平行平板型の場合には自己バイアスが -74 V である。このことから、上記実施例の表面処理装置 21 にあっては、カソード電極 11 の自己バイアスは著しくプラスの側へと寄っていることがわかる。条件によって自己バイアスが正の電位へと極性を変えることも可能である。

【0077】

また、上記条件下において、前記カソード電極 11 の貫通孔 11b の長さ寸法 T を 9 mm としたところ、同貫通孔 11b においてホローカソード放電は発生せず、カソード電極 11 の中空内部においてもホローカソード放電は発生しなかった。そこで、前記貫通孔 11b の長さ寸法 T を 9 mm としたままで RF パワーを上げていくと、 0.05 W/cm^2 のときに同カソード電極 11 の貫通孔 11b 及び中空内部においてホローカソード放電が発生した。

【 0 0 7 8 】

更に、前記カソード電極 1 1 の貫通孔 1 1 b の径を 5 mm とし、同カソード電極 1 1 の中空内部の高さ H を 2 mm としたところ、RF パワーが 0.02 W/cm^2 以下では同中空内部にはホローカソード放電が発生しなかったが、同カソード電極 1 1 の自己バイアスは -6 V と大きくプラスの側へと寄っていた。また、前記高さ H を 9 mm としたときには、RF パワーが 0.05 W/cm^2 以下では同中空内部にはホローカソード放電が発生しなかったが、この場合もカソード電極 1 1 の自己バイアスは -9 V であり、上述の正規放電型や通常の平行平板型と比べて高い電圧となっていた。

＜実験 2＞

上記表面処理装置 2 1 を使用して、原料ガスとしてモノシランガス (SiH_4) を $7 \text{ cm}^3/\text{min.}$ の流量で、またキャリアガスとして水素ガスを $105 \text{ cm}^3/\text{min.}$ の流量で導入すると共に、成膜室の圧力を 29 Pa 、基板温度を $150 \sim 260$ $^{\circ}\text{C}$ に調整して、 13.56 MHz 、 0.1 W/cm^2 の高周波電力を印加し、白板ガラスの基板に成膜処理を行った。その結果、基板温度が 150°C と低い温度の場合でも前記基板表面には微結晶薄膜が形成されていた。また、上記温度範囲において、微結晶薄膜の成膜速度は最高で 40 \AA/sec. であり、従来達成できなかった高速での成膜が可能であった。更に上述の成膜条件を最適化し、前記基板温度を 300°C とすることにより、 150 \AA/sec. と極めて高速での成膜が可能となり、このような高速成膜であって薄膜は微結晶化しており、太陽電池として十分に機能する薄膜であった。勿論、アモルファス薄膜を成膜する場合には、更に高速での成膜が可能である。

【 0 0 7 9 】

このように成膜速度が向上した理由としては、先ず、プラズマ吹出口 7 におけるホローアノード放電、カソード電極 1 1 の貫通孔 1 1 b 及びその中空内部でのホローカソード放電により高密度なプラズマが得られたことが挙げられる。更に、カソード電極 1 1 のプラズマに接触する表面積を増大させたことにより、その自己バイアスをプラスの側にもっていくことができ、プラズマがアノード電極に近い領域でも発生するため、基板処理室 4 へのプラズマ吹出口 7 を通して効率良

く基板表面へとプラズマを導くことができる。また、この自己バイアスの制御により、同時にプラズマ空間電位をも制御することが可能になったため、そのプラズマ空間電位を適度に設定し、成膜速度に応じた適度なイオンの衝撃を与えることができ、高速成膜での結晶化が可能となったものと考えられる。

【 0 0 8 0 】

なお、上述の表面処理装置 2 1 は、成膜以外のアッシングやエッチング等の他の表面処理を行った場合にも、従来よりも低温で且つ高速に表面処理を行うことが可能であった。

【 0 0 8 1 】

図 6 は、第 4 実施例による表面処理装置 2 2 の概略図である。同装置 2 2 は、中空形状のカソード電極 1 1 に形成された貫通孔 1 1 b の内壁面及びプラズマ吹出口 7 の内壁面に磁石 1 0 が配されている点で上述した第 3 実施例と異なるが、その他の構成は上記第 3 実施例の表面処理装置 2 1 と同一である。

【 0 0 8 2 】

前記磁石 1 0 の磁場は、磁力線の方法が上記貫通孔 1 1 b 及びプラズマ吹出口 7 の各軸線方向と平行になるように印加されている。同磁石の強度は前記貫通孔 1 1 b 及びプラズマ吹出口 7 のそれぞれの軸中心において 1 ~ 2 0 0 0 mT、内壁面及びその近傍で 2 ~ 2 0 0 0 mT とし、より好ましくは軸中心で 5 ~ 5 0 0 mT、内壁面及びその近傍で 5 ~ 1 0 0 0 mT とする。

【 0 0 8 3 】

このように貫通孔 1 1 b 及びプラズマ吹出口 7 に磁場を形成することにより、そこに発生しているプラズマ内の電子の軌道を前記磁場により調整し、前記貫通孔 1 1 b 及びプラズマ吹出口 7 の内部に電子を長く留まらせることができる。この電子の軌道調整により、電子のエネルギー（電子温度）を高めることなく、原料ガスへの電子の作用時間を長くできるため、活性種の生成が促進され、成膜速度が向上する。

【 0 0 8 4 】

また、磁石 1 0 を配して磁場を形成することにより、貫通孔 1 1 b の開口幅 W (C) や長さ T 及びプラズマ吹出口 7 の開口幅 W (A) の寸法の許容範囲が、磁石 1

0 を配していない場合に比べて概ね 3 0 % 程度広がる。

【0 0 8 5】

なお、本実施例では全ての貫通孔 1 1 b 及びプラズマ吹出口 7 に磁石 1 0 を配しているが、それら全てに磁石 1 0 を配するのではなく、選択されたいずれかにのみ磁石 1 0 を配することもできる。また、電磁石等の手段により磁場を形成することも可能である。更には、前記磁石 1 0 は、例えば前記貫通孔 1 1 b 及び前記プラズマ吹出口 7 の内壁面内に埋設することもできる。或いは図 7 (a) に示すように中空状をなす前記カソード電極 1 1 の上壁部 1 1 c 内に埋設したり、図 7 (b) に示すように、前記カソード電極 1 1 の外側、上壁部 1 1 c の上方に配することもできる。このような磁石 1 0 の極性を含めた配置と磁場の強度とはプラズマ密度を高めるよう、任意に設定される。

【0 0 8 6】

また、中空内部のホローカソード放電がより高密度になるよう、磁石を配置することも可能である。例えば、図 8 (a) に示すように、カソード電極 1 1 の上下壁部 1 1 c, 1 1 a の内部及び同カソード電極 1 1 の周壁部の外側に配したり、図 8 (b) に示すように、カソード電極 1 1 の上壁部 1 1 c の内部と下壁部 1 1 a 及び周壁部の外側とに配してもよい。この場合は、磁石 1 0 をカソード電極 1 1 の内部に埋設又は外部に配置し、或いはその組み合わせにより、中空内部のホローカソード放電がより高密度になるよう、磁石の配置と磁場強度とを任意に設定する。

<実験 3>

この第 4 実施例による表面処理装置 2 2 を用いて、上述の第 3 実施例の実験 2 と同一の条件、すなわち、モノシランガス (SiH_4) を $7 \text{ cm}^3 / \text{min.}$ の流量で、また水素ガスを $105 \text{ cm}^3 / \text{min.}$ の流量で導入すると共に、成膜室の圧力を 29 Pa 、基板温度を $150 \sim 260^\circ\text{C}$ に調整して、 13.56 MHz 、 $0.1 \text{ W} / \text{cm}^2$ の高周波電力を印加し、白板ガラスの基板に成膜処理を行った。その結果、成膜速度が $70 \text{ \AA} / \text{sec.}$ と上述の第 3 実施例の場合と比べて更に 75 % も高速での成膜が可能となり、このような高速成膜であって薄膜は微結晶化しており、太陽電池として十分に機能する薄膜であった。

【0087】

更に、カソード電極 11 における貫通孔 11b 又はその中空内部でのホローカソード放電により生じるプラズマ密度を大きくする変形例を図 9 に示す。

先ず、前記貫通孔 11b においてホローカソード放電を効率良く発生させる観点からは、前記貫通孔 11b の長さ T は大きいほうが有利であり、より強いプラズマを発生させることができる。しかしながら、前記カソード電極の下壁部 11a の厚みは、材料コストの観点からも中空内部に導入されるガス圧及び印加電力に耐え得る最小の厚みにすることが望ましい。

【0088】

そのため、前記貫通孔 11b の長さ T を長くするためには、同貫通孔 11b の周縁にノズル体 12 を取り付けることが望ましい。なお、このノズル体 12 は前記貫通孔 11b からプラズマ発生室 3 側へ突設してもよく、或いは中空内部へ突設することもできる。更には両側へ突設してもよい。また、同ノズル体 12 を図 9 に示すように磁石 10 により構成することもできる。

【0089】

なお、図 9 に示すノズル体 12 はいずれも、その中心線を貫通孔 11b の線と一致させて配しているが、前記ノズル体 12 の中心線を前記貫通孔 11b の軸線に対して角度をもって配する、即ち、ノズル体 12 を斜めに配することもできる。また、図 9 に示すノズル体 12 は断面積が一定の筒体であるが、かかる形状に限定されるものではなく、その断面積を漸増又は漸減させる形状をもつ筒体であってもよい。更にはチューブ状のノズル体をらせん状に配することもできる。かかるノズル体の変形については、上述したプラズマ吹出口や凹部に取り付けられるノズル体にも適用が可能である。

【0090】

更に、プラズマが接触するカソード電極 11 の表面積を増大させるために、同カソード電極 11 の中空内部をその高さ方向に延在する隔壁 11e により仕切ることができる。このように表面積を自在に調節することができるため、同カソード電極 11 の自己バイアスを自由に制御できる。なお、この場合に、仕切られた各空間にガス供給口を設けることが望ましい。

【0091】

なお、同図は複数の貫通孔 1 1 b の形態を例示するものであり、全ての貫通孔 1 1 b が異なる形態である図示の実施例に限定されるものではない。全ての貫通孔 1 1 b が同一の形態であってもよく、或いは複数種類の貫通孔 1 1 b が混在していてもよい。ノズル体 1 2 の長さ寸法も、全ての貫通孔 1 1 b において同一であってもよく、或いは適宜長さを変化させ、基板表面へと到達するプラズマの強さを基板の全表面において均一化させることもできる。また、隔壁の形成位置及び形成数も同図 9 に限定されるものではなく、表面処理に必要なプラズマの強さに応じて自由に設計が可能である。

【0092】

更に、プラズマの強さを左右する因子として、高周波励起電源周波数を高めると結晶化が進むことは知られている。そこで、周波数を変更する実験を行った。

〈実験 4〉

上述した実験 1 ～ 3 では高周波励起電源周波数を 1 3 . 5 6 M H z としていたが、これを 1 0 5 M H z に変更し、同一の条件で成膜を行ったところ、それぞれの実験における効果に更に高周波化による効果が加わり、成膜速度が 2 6 0 Å / sec. であっても薄膜が結晶化していた。また、成膜速度が 2 4 0 Å / sec. の場合には太陽電池として十分に機能し得る結晶膜が得られた。

【0093】

図 1 0 は、第 5 実施例による表面処理装置 2 3 の概略図である。同装置 2 3 は、カソード電極 1 1 ' の中空内部にホローカソード放電が発生しないように、同中空内部の内壁面を絶縁体により構成している点で上述した第 3 実施例と異なるが、その他の構成は上記第 3 実施例の表面処理装置 2 1 と同一である。

【0094】

ただし、前記カソード電極 1 1 ' の下壁部 1 1 a 内面において一部電極を露出させてもよく、その場合には前記プラズマ発生室 3 において発生したプラズマが貫通孔 1 1 b を通って中空内部へと侵入し、その露出した電極面を這うことができる。それにより、プラズマが実質的に接触し得るカソード電極 1 1 ' の表面積を増大させることができ、自己バイアスの増大を図ることができる。

【0095】

また、前記カソード電極 1 1' の中空内部にホローカソード放電を発生させないためには、上述のように内壁面を絶縁体で構成することの他にも、同中空内部の高さ H を高くする方法が挙げられるが、この高さ H は、R F パワーやガス圧によっても変化するため、内壁面を絶縁体で構成する方法がより確実である。

【0096】

このようにプラズマの発生場所を制御できると共に、カソード電極 1 1' のプラズマと接触する表面積をも調節でき、自己バイアスをも制御できるため、用途に応じた強さのプラズマを発生させることができる。

〈実験 5〉

上記表面処理装置 2 3 を使用して、上述した実験 2 と同一の条件で成膜をおこなったところ、前記貫通孔 1 1 b においてホローカソード放電が発生し、プラズマ吹出口 7 においてはホローアノード放電が発生して、プラズマの密度が高まり、微結晶薄膜を高速で成膜することが可能であった。また、得られた薄膜は太陽電池としても十分に機能し得るものであった。

【0097】

図 1 1 は第 6 実施例による表面処理装置 2 4 の概略図であり、この表面処理装置 2 4 は上述した第 5 実施例の表面処理装置 2 3 におけるカソード電極 1 1' の貫通孔 1 1 b 及びプラズマ吹出口 7 の内周壁に磁石 1 0 を配したものである。

〈実験 6〉

第 6 実施例の表面処理装置 2 4 を使用して、上述した実験 2 と同一の条件で成膜を行ったところ、上述の実験 5 と比較して、成膜速度や電池効率が 1 0 % 以上向上した。

【0098】

なお、上述した中空カソード電極 1 1 の変形例として、例えば図 1 2 (a) に示す中空カソード電極 4 1 のように、複数の貫通孔 4 1 b を有する下壁部 4 1 a と、上壁部 4 1 c との間を、一以上の貫通孔 4 1 d を有する一以上の仕切り壁 4 1 e により上下に複数段に仕切ることができる。或いは図 1 2 (b) に示す中空カソード電極 5 1 のように、複数の中空電極部材 5 1 a を連結口 5 1 b により上

下に複数段に連結することもできる。

【0099】

図13は本発明の第7実施例による表面処理装置25の概略図である。この表面処理装置25も、ケーシング2内がプラズマ発生室3と基板処理室4との2室に画成されている。前記プラズマ発生室3内にはカソード電極5とアノード電極6'とが配され、前記アノード電極6'が前記プラズマ発生室3と基板処理室4とを画成している。同アノード電極6'の中心には円形のプラズマ吹出口7'が形成されており、このプラズマ吹出口7'を介して前記プラズマ発生室3と基板処理室4とが連通されている。

【0100】

前記カソード電極5は前記アノード電極6'との対向面に、断面が円形をなす複数の凹部5aが形成されており、この凹部5aの開口幅 $W(C)$ は、 $W(C) \leq 5L(e)$ 又は $W(C) \leq 20X$ のいずれかを満足する範囲に設定されている。更に好ましくは、前記開口幅 $W(C)$ は $X/5 \leq W(C)$ の範囲に設定される。前記凹部5aの直径をかかるとする範囲に設定することにより、前記凹部5aにおいてホローカソード放電が発生する。

【0101】

本実施例の以上の構成は上述した第1実施例と同様であるが、前記アノード電極6'に形成されているプラズマ吹出口7'の開口幅 $W(A)$ が大きいため、又は長さ(厚み) T が小さいため、同プラズマ吹出口7'においてホロー放電が発生していない点で上述した第1実施例の表面処理装置1とは異なるものである。

【0102】

本実施例では、プラズマ吹出口7'においてホロー放電が発生しないため、上述した第1実施例よりは表面処理の速度及び品質が若干劣るものの、カソード電極5の凹部5aにおいてホローカソード放電が生じているため、従来の表面処理装置と比較すれば、その処理速度及び処理品質は向上している。

【0103】

また、図14は本発明の第8実施例による表面処理装置26の概略図である。この表面処理装置25も、ケーシング2内がプラズマ発生室3と基板処理室4と

の 2 室に画成されている。前記プラズマ発生室 3 内にはカソード電極 5" とアノード電極 6" とが配され、電力の印加される前記カソード電極 5" が前記プラズマ発生室 3 と基板処理室 4 とを画成している。同カソード電極 5" の中心には円形のプラズマ吹出口 7" が形成されており、このプラズマ吹出口 7" を介して前記プラズマ発生室 3 と基板処理室 4 とが連通されている。

【0 1 0 4】

前記プラズマ吹出口 7" は、開口幅 W が $X/5 \leq W \leq 5L(e)$ 又は $X/5 \leq W \leq 20X$ のいずれかを満足する範囲に設定されているため、同プラズマ吹出口 7" において、ホローカソード放電が生じている。即ち、本実施例における前記プラズマ吹出口 7" 本件請求項 1 に係る発明のホロー放電の発生域であると同時に、本件請求項 2 に係る発明のホローカソード放電発生域でもある。

【0 1 0 5】

なお、上述したいずれの実施例も表面処理装置の上方にプラズマ発生室 3 を、その下方に基板処理室 4 を設けているが、これら実施例とは逆に、下方にプラズマ発生室 3 を配して、その上方に基板処理室を設け、プラズマを下方から上方へと流出させるタイプの装置とすることも可能である。更には、表面処理装置のケーシングを左右二室に画成し、プラズマ発生室と基板処理室とを水平に配し、プラズマを横方向に流出させるタイプの装置とすることも可能である。いずれの場合にあっても、基板はプラズマ吹出口に対向させてプラズマの流出方向に直交して配することができ、或いは、基板をプラズマの流出方向と平行に配することも可能である。また、プラズマ発生手段も一対のプラズマ発生電極に限定されるものではなく、例えば三極以上の電極を有する放電、マイクロ波放電や容量結合型放電、誘導結合型放電、PIG 放電、電子線励起放電によるプラズマ発生手段なども採用できる。

【0 1 0 6】

図 1 5 に示すように、ホローカソード放電が発生するカソード電極 5 のアノード電極側及び／又はその反対側の近傍に、他の電極 1 3 を配することもできる。他の電極 1 3 はカソード電極 5 に形成された凹部 5 a の開口幅 $W(C)$ よりも小さな開口幅をもつ小孔 1 3 a が多数形成されている。或いは、前記他の電極 1 3 は

メッシュ状であってもよい。なお、ホローカソード放電が発生する貫通孔を有するカソード電極の場合であっても、同様に、前記貫通孔の開口幅 $W(C)$ よりも小さな小孔が多数形成された他の電極を配することもできる。

【0107】

他の電極13はフローティング状態を含む任意の電圧にバイアスされており、特に好ましくは、接地されているアノード電極6の電圧とプラズマが有する空間電位の最大値との間の電圧値に設定され、或いは、ホローカソード放電が発生しているカソード電極5の電圧とプラズマの有する空間電位の最大値との間の電圧値に設定されている。

【0108】

更に、前記他の電極13に形成されている小孔13aを図15に示すように、カソード電極の凹部5a又は貫通孔に対応する位置に形成すれば、電子が更にホローカソード放電域に閉じ込められて、いっそう大電流の放電である超高密度ホローカソード放電が可能になる。

【0109】

或いは、図16に示すように、カソード電極11''に、開口部分の面積が他の部分よりも十分小さい貫通孔11b''を形成することにより、電子をホローカソード放電域である前記貫通孔11b''内に閉じ込めることができる。なお、カソード電極に形成された凹部の場合も、その開口部分の面積を他の部分よりも十分小さくすれば、同様に前記凹部内のホローカソード放電域に電子を閉じ込めることができる。

【0110】

プラズマ発生電極には高周波電源Pにより高周波電力を投入しているが、直流電源により直流電圧を印加することもできる。或いは、それぞれ直流や交流の電源又はパルス電源によってバイアスを印加してもよい。

また、表面処理室4に配された基板Sとプラズマ吹出口7との間にメッシュ状の電極を設置してトライオード型に構成し、また様々なバイアスを印加することも可能である。

【0111】

更には、上述した実施例ではいずれも、表面処理装置のケーシング 2 の内部をアノード電極 6 により上下に 2 分割して上方をプラズマ発生室 3、下方を基板処理室 4 としているが、本発明はかかる装置に限定されるものではない。

【0112】

図 17～図 22 には本発明の他の実施例による表面処理装置の水平方向の断面図を示す。

図 17 に示す表面処理装置 31 は、ケーシング 32 が有底の円筒体からなり、その周壁内面を基板支持台 9 としている。この場合に、前記ケーシング 32 の内部には、小径円柱体からなるカソード電極 35 と、同カソード電極 35 よりも大径の円筒体かなるアノード電極 36 とを、中心軸線を一致させて配している。

【0113】

前記アノード電極 36 には所定の形状と配置を有する複数のプラズマ吹出口 37 が形成され、前記アノード電極 36 と前記ケーシング 32 との間の領域が本発明における基板処理室 34 を構成すると共に、前記カソード電極 35 と前記アノード電極 36 との間の領域が本発明におけるプラズマ発生室 33 を構成する。更に、前記カソード電極 35 の周壁面には複数の軸線方向に平行な凹部 35a が所定の位相差をもって形成されている。なお、前記カソード電極 35 を中空体とした場合には、前記凹部 35a に変えて貫通孔を形成すると共に、その中空内部にキャリアガス及び原料ガスを供給してもよい。

【0114】

或いは、図 18 に示すように、最大径の円筒体のカソード電極 35 とし、その内部に軸線を一致させて円筒体からなるアノード電極 36 を配し、更にその中心に最小径の円柱体 39 を配することもできる。この場合には中心の円柱体 39 の外周面が基板 W の支持台を構成する。前記カソード電極 35 の内周面には複数の軸線方向に平行な凹部 35a が所定の位相差をもって形成されている。前記アノード電極 36 には所定の形状と配置を有するプラズマ吹出口 37 を形成する。なお、前記カソード電極 35 の更に外側にケーシングを配することもできる。

【0115】

この図 17 及び図 18 に示す実施例にあっても、前記プラズマ吹出口 37 の開

口幅を本発明の規定する上記範囲内とすることにより、同吹出口 3 7 においてホローアノード放電が発生する。また、前記凹部 3 5 a においても、その開口幅を本発明の範囲内とすることにより、同凹部 3 5 a においてホローカソード放電が発生する。

【0 1 1 6】

かかるカソード電極 3 5 及びアノード電極 3 6 が円筒体からなる装置は、感光ドラムのような円筒形状の基板に表面処理を施す際に有用である。或いは、円筒の一部の局面を利用することにより、帯状フィルム部材からなる基盤にロール・ツー・ロールで連続的に成膜やエッチングなどの表面処理を施す場合に、装置スペースの低減が可能となるため、好ましい。

【0 1 1 7】

また、各プラズマ発生電極を上述した図 1 7 及び図 1 8 に示すような断面形態をもつ球形状とすることもでき、或いは、図 1 9 及び図 2 0 に示すように、各プラズマ発生電極 3 5, 3 6 を断面が半円形状の筒体や半球体など局面の一部となる形状とすることもできる。このようにプラズマ発生電極を球形状や半球形状とし、或いは一部を曲面とすることにより、球面半導体のような特殊な形状の基板にも均一な表面処理を施すことが可能になる。

【0 1 1 8】

更には、図 2 1 及び図 2 2 に示すように、プラズマ発生電極 3 5, 3 6 を断面が正方形の筒体とすることもできる。或いは断面が多角形状の筒体や多面体形状とすることもできる。このようにプラズマ発生電極 3 5, 3 6 を角形状とすることにより、装置スペースの低減が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の第 1 実施例である表面処理装置の概略図である。

【図 2】

上記装置の変形例によるプラズマ発生電極の概略図である。

【図 3】

本発明の第 2 実施例である表面処理装置の概略図である。

【図 4】

カソード電極に対する磁石の他の配置態様を示す概略図である。

【図 5】

本発明の第 3 実施例である表面処理装置の概略図である。

【図 6】

本発明の第 4 実施例である表面処理装置の概略図である。

【図 7】

中空状のカソード電極に対する磁石の他の配置態様を示す概略図である。

【図 8】

中空状のカソード電極に対する磁石の更に他の配置態様を示す概略図である。

【図 9】

上記第 3 及び第 4 実施例の装置の変形例によるカソード電極の概略図である。

【図 1 0】

本発明の第 5 実施例である表面処理装置の概略図である。

【図 1 1】

本発明の第 6 実施例である表面処理装置の概略図である。

【図 1 2】

中空状のカソード電極の他の態様を示す概略図である。

【図 1 3】

本発明の第 7 実施例である表面処理装置の概略図である。

【図 1 4】

本発明の第 8 実施例である表面処理装置の概略図である。

【図 1 5】

本発明の他の実施例による表面処理装置におけるカソード電極部分の概略図である。

【図 1 6】

本発明の更に他の実施例による表面処理装置におけるカソード電極部分の概略図である。

【図 1 7】

本発明の更に他の実施例による表面処理装置の水平方向の概略断面図である。

【図 1 8】

本発明の更に他の実施例による表面処理装置の水平方向の概略断面図である。

【図 1 9】

本発明の更に他の実施例による表面処理装置の水平方向の概略断面図である。

【図 2 0】

本発明の更に他の実施例による表面処理装置の水平方向の概略断面図である。

【図 2 1】

本発明の更に他の実施例による表面処理装置の水平方向の概略断面図である。

【図 2 2】

本発明の更に他の実施例による表面処理装置の水平方向の概略断面図である。

【符号の説明】

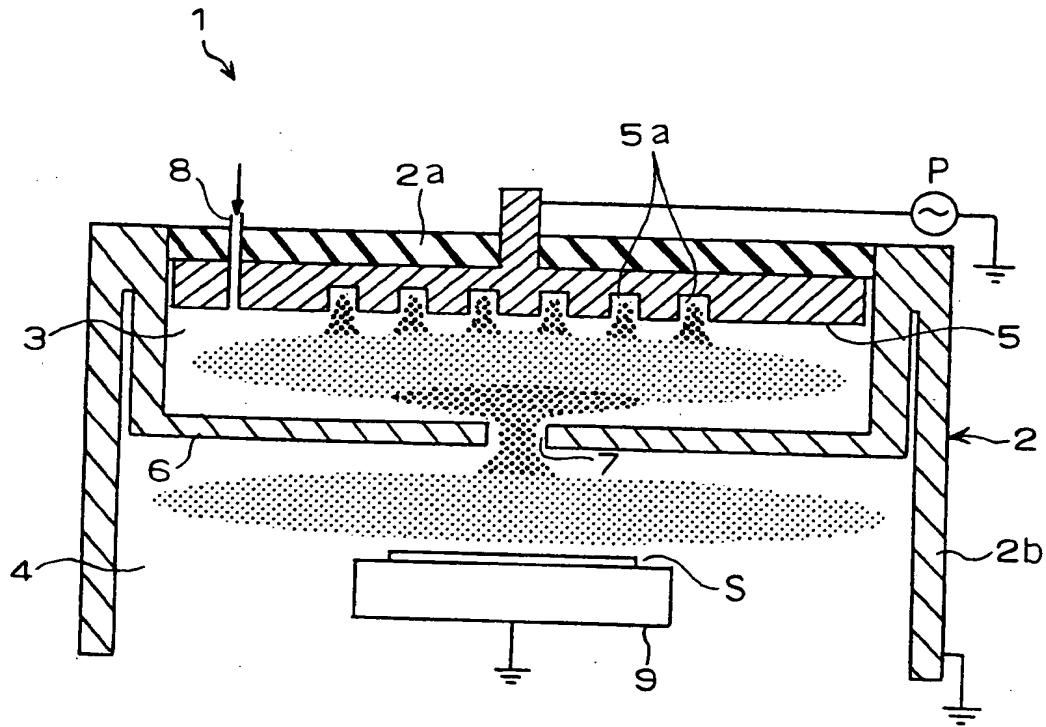
1, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26	表面処理装置
2	ケーシング
2 a	上壁
2 b	周壁
3	プラズマ発生室
4	基板処理室
5, 5''	カソード電極
5 a	凹部
6, 6', 6''	アノード電極
7, 7', 7''	プラズマ吹出口
8	ガス供給口
9	基板支持台
10	磁石
11, 11', 11''	カソード電極
11 a	下壁部
11 b	貫通孔
11 c	上壁部

1 1 d	ガス供給口
1 1 e	隔壁
1 2	ノズル体
1 3	他の電極
1 3 a	小孔
3 2	ケーシング
3 3	プラズマ発生室
3 4	基板処理室
3 5	カソード電極
3 5 a	凹部
3 6	アノード電極
3 7	プラズマ吹出口
3 9	基板支持台
4 1	カソード電極
4 1 a	下壁部
4 1 b	貫通孔
4 1 c	上壁部
4 1 d	貫通孔
4 1 e	仕切り壁
5 1	カソード電極
5 1 a	中空電極部材
5 1 b	連結口
S	基板
P	高周波電源

【書類名】 図面

【図 1】

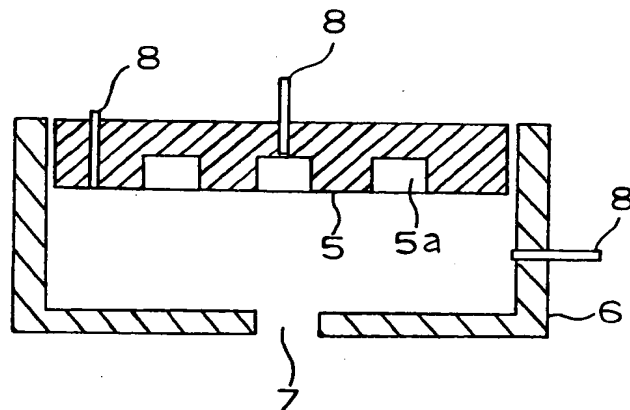
本発明の第 1 実施例である表面処理装置の概略図



- | | | | |
|-----|---------|---|---------|
| 1 | 表面処理装置 | 6 | アノード電極 |
| 2 | ケーシング | 7 | プラズマ吹出口 |
| 2 a | 上壁 | 8 | ガス供給口 |
| 2 b | 周壁 | 9 | 基板支持台 |
| 3 | プラズマ発生室 | S | 基板 |
| 4 | 基板処理室 | P | 高周波電源 |
| 5 | カソード電極 | | |
| 5 a | 凹部 | | |

【図 2】

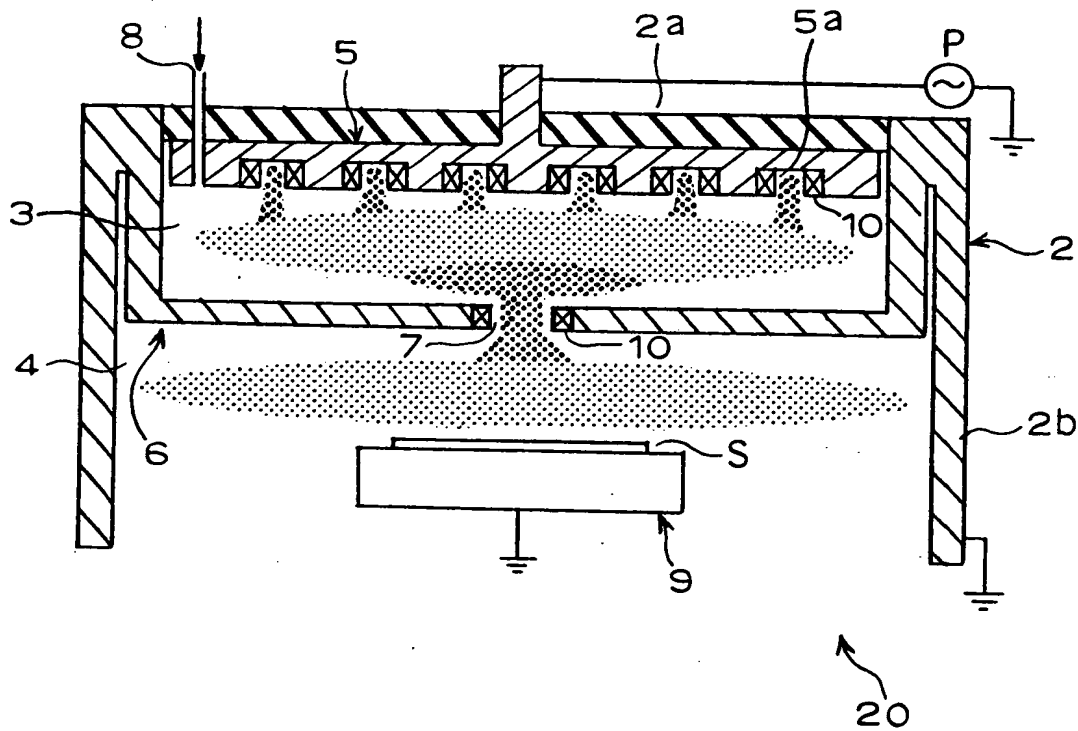
本発明の第 1 実施例である表面処理装置の変形例によるプラズマ発生
電極の概略図



- 5 カソード電極
- 5 a 凹部
- 6 アノード電極
- 7 プラズマ吹出口
- 8 ガス供給口

【図 3】

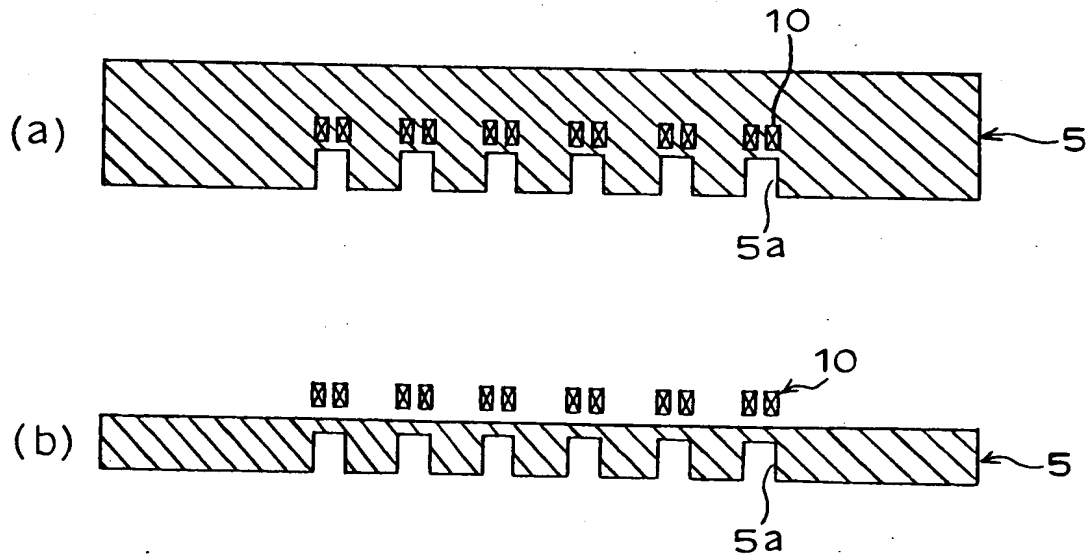
第 2 実施例である表面処理装置の概略図



- | | | | |
|-----|---------|-----|---------|
| 2 0 | 表面処理装置 | 6 | アノード電極 |
| 2 | ケーシング | 7 | プラズマ吹出口 |
| 2 a | 上壁 | 8 | ガス供給口 |
| 2 b | 周壁 | 9 | 基板支持台 |
| 3 | プラズマ発生室 | 1 0 | 磁石 |
| 4 | 基板処理室 | S | 基板 |
| 5 | カソード電極 | P | 高周波電源 |
| 5 a | 凹部 | | |

【図 4】

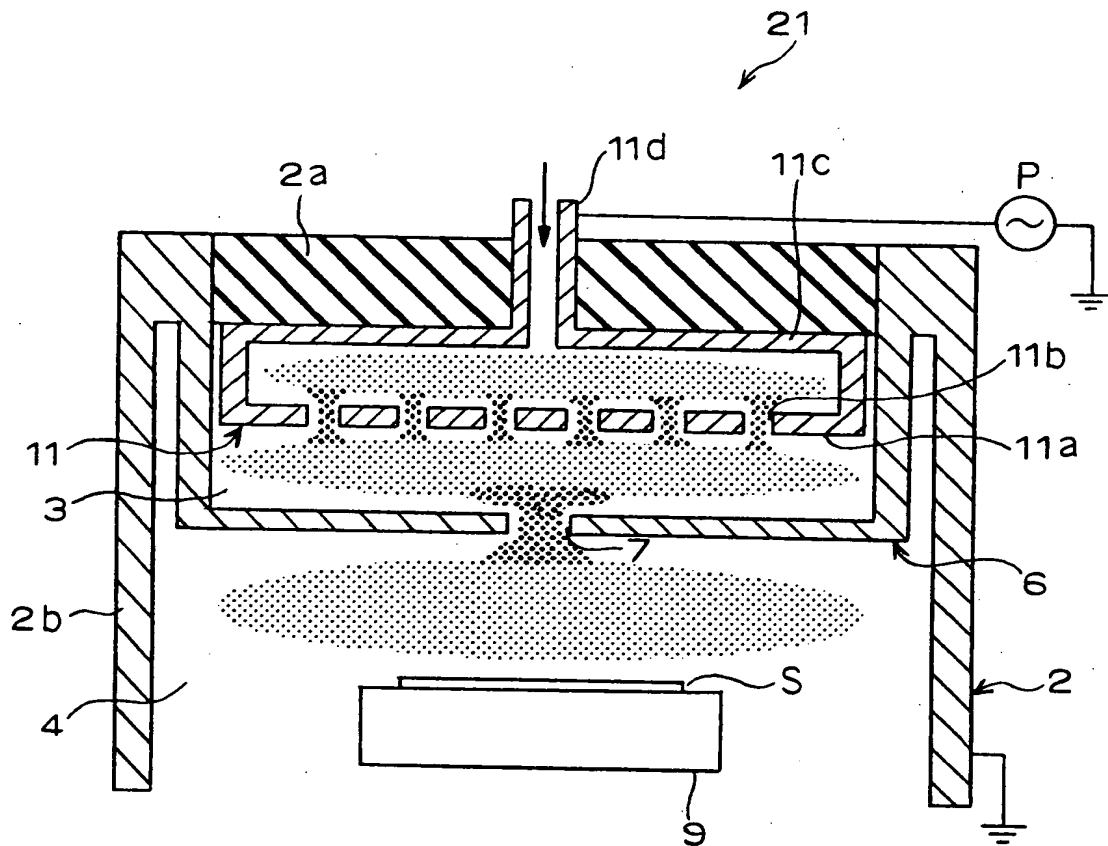
第 3 実施例である表面処理装置の概略図



5 カソード電極
5 a 凹部
1 0 磁石

【図 5】

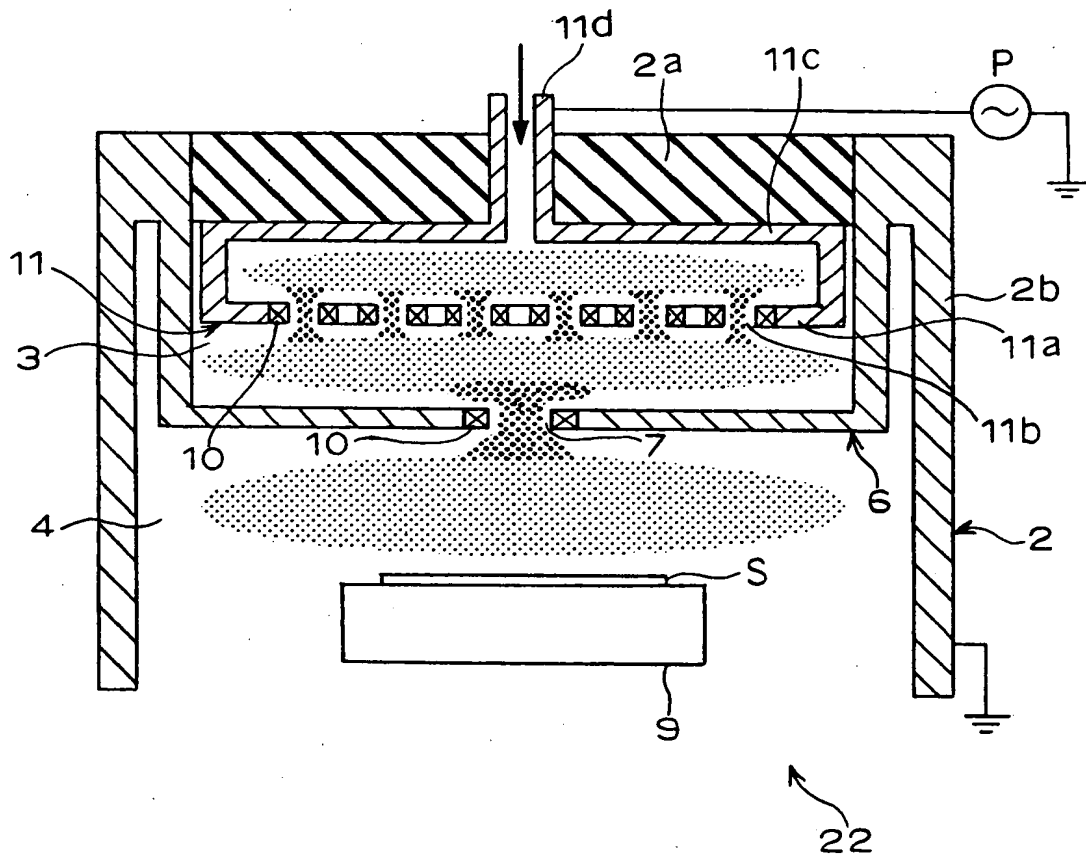
第 4 実施例である表面処理装置の概略図



- | | | | |
|-----|---------|-------|--------|
| 2 1 | 表面処理装置 | 1 1 | カソード電極 |
| 2 | ケーシング | 1 1 a | 下壁部 |
| 2 a | 上壁 | 1 1 b | 貫通孔 |
| 2 b | 周壁 | 1 1 c | 上壁部 |
| 3 | プラズマ発生室 | 1 1 d | ガス供給口 |
| 4 | 基板処理室 | S | 基板 |
| 6 | アノード電極 | P | 高周波電源 |
| 7 | プラズマ吹出口 | | |

【図 6】

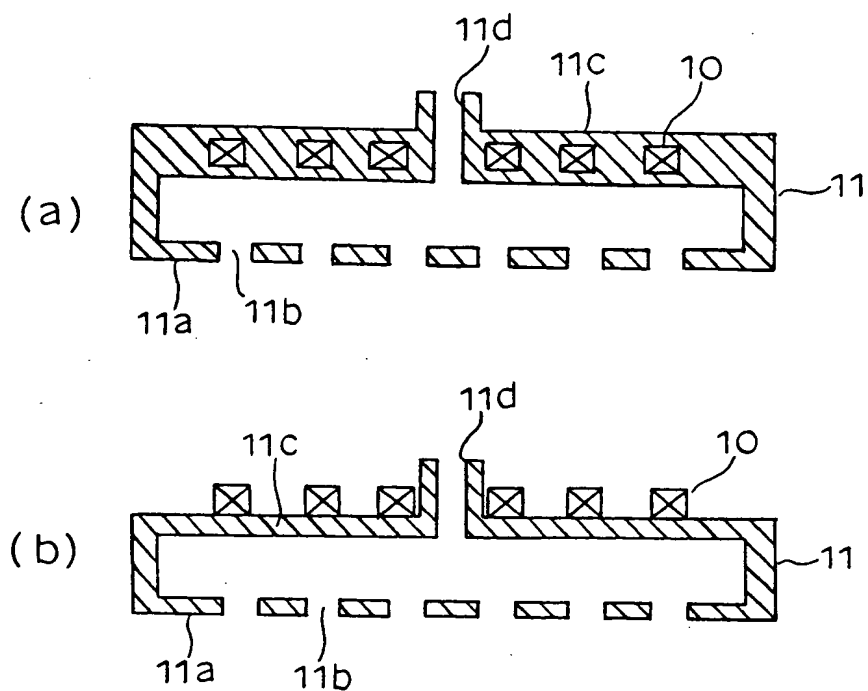
第 4 実施例の装置の変形例によるカソード電極の概略図



- | | | | |
|-----|---------|-------|--------|
| 2 2 | 表面処理装置 | 1 0 | 磁石 |
| 2 | ケーシング | 1 1 | カソード電極 |
| 2 a | 上壁 | 1 1 a | 下壁部 |
| 2 b | 周壁 | 1 1 b | 貫通孔 |
| 3 | プラズマ発生室 | 1 1 c | 上壁部 |
| 4 | 基板処理室 | 1 1 d | ガス供給口 |
| 6 | アノード電極 | S | 基板 |
| 7 | プラズマ吹出口 | P | 高周波電源 |

【図 7】

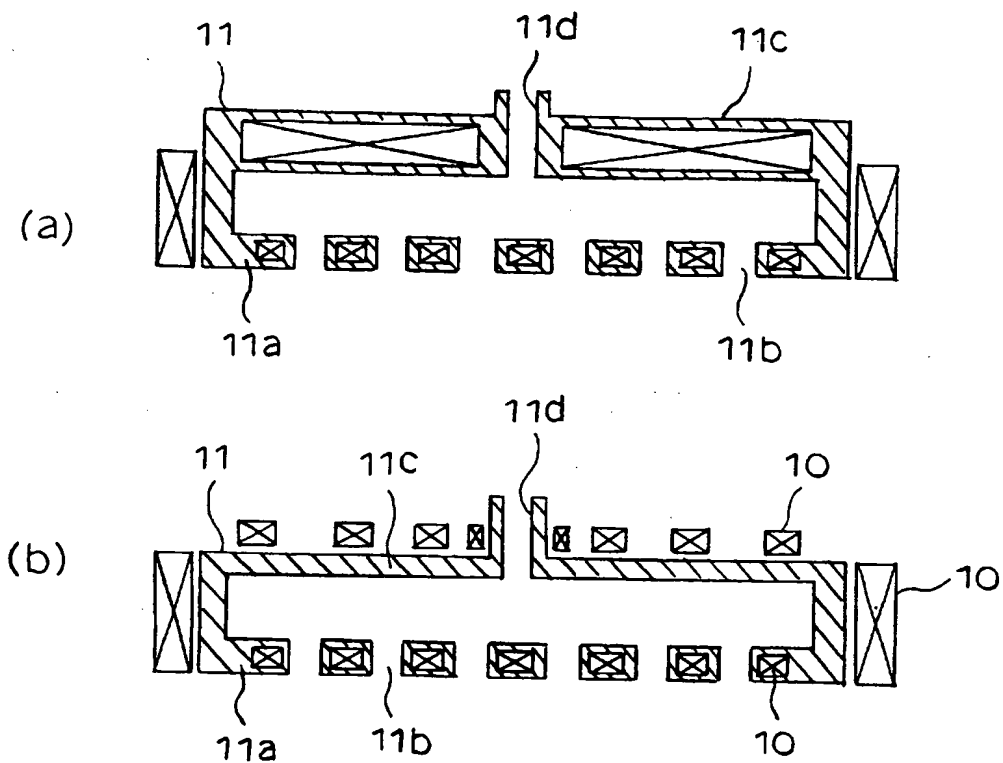
第 5 実施例である表面処理装置の概略図



- 1 0 磁石
- 1 1 カソード電極
- 1 1 a 下壁部
- 1 1 b 貫通孔
- 1 1 c 上壁部
- 1 1 d ガス供給口

【図 8】

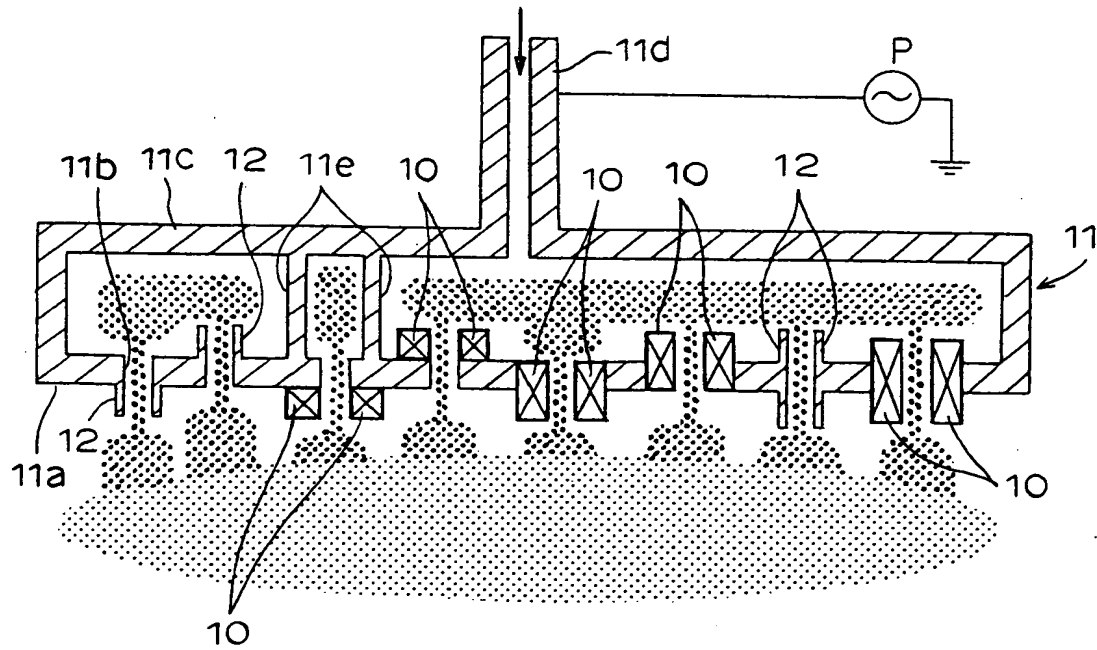
第 6 実施例である表面処理装置の概略図



- 1 0 磁石
- 1 1 カソード電極
- 1 1 a 下壁部
- 1 1 b 貫通孔
- 1 1 c 上壁部
- 1 1 d ガス供給口

【図 9】

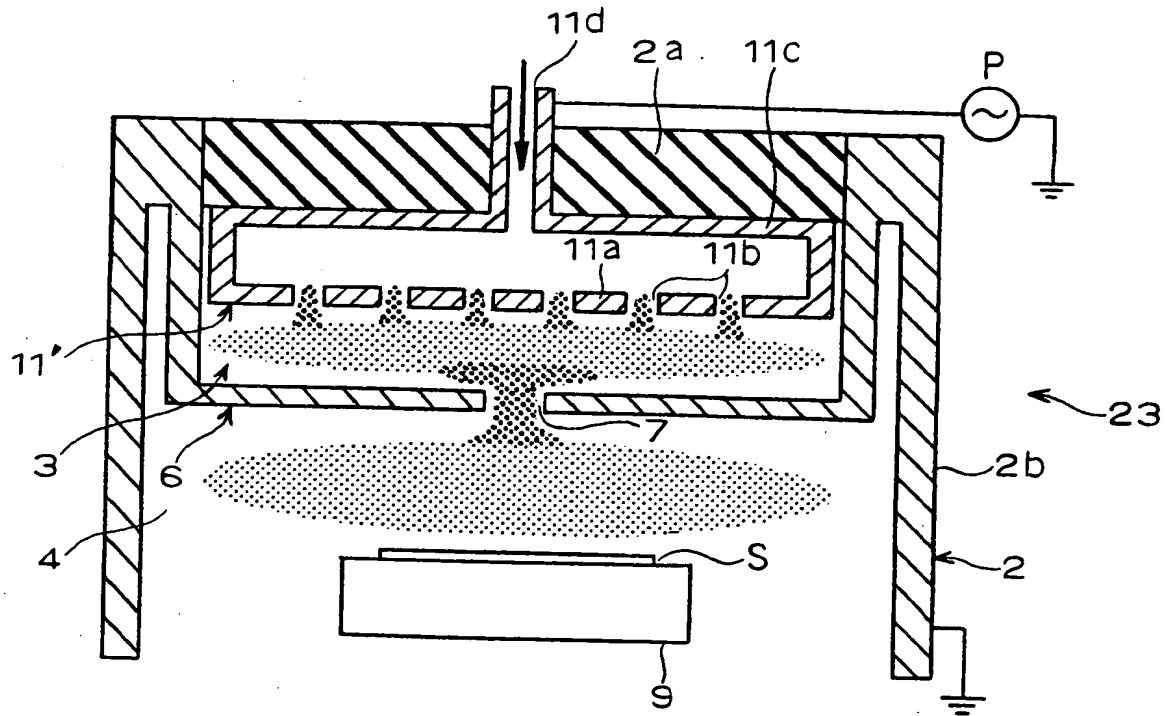
第 7 実施例である表面処理装置の概略図



- 1 0 磁石
- 1 1 カソード電極
- 1 1 a 下壁部
- 1 1 b 貫通孔
- 1 1 c 上壁部
- 1 1 d ガス供給口
- 1 1 e 隔壁
- 1 2 ノズル体
- P 高周波電源

【図 10】

第 8 実施例である表面処理装置の概略図

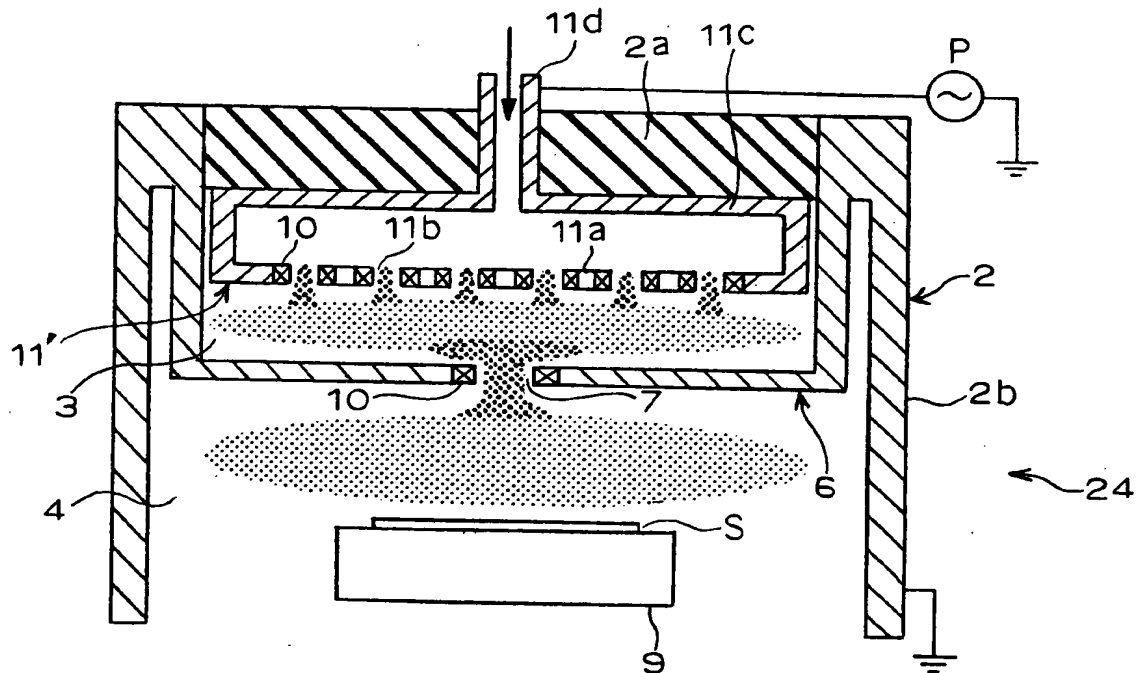


2 3 表面処理装置
 2 ケーシング
 2 a 上壁
 2 b 周壁
 3 プラズマ発生室
 4 基板処理室
 6 アノード電極
 7 プラズマ吹出口
 9 基板支持台

1 1' カソード電極
 1 1 a 下壁部
 1 1 b 貫通孔
 1 1 c 上壁部
 1 1 d ガス供給口
 S 基板
 P 高周波電源

【図 1 1】

他の実施例による表面処理装置におけるカソード電極部分の概略図

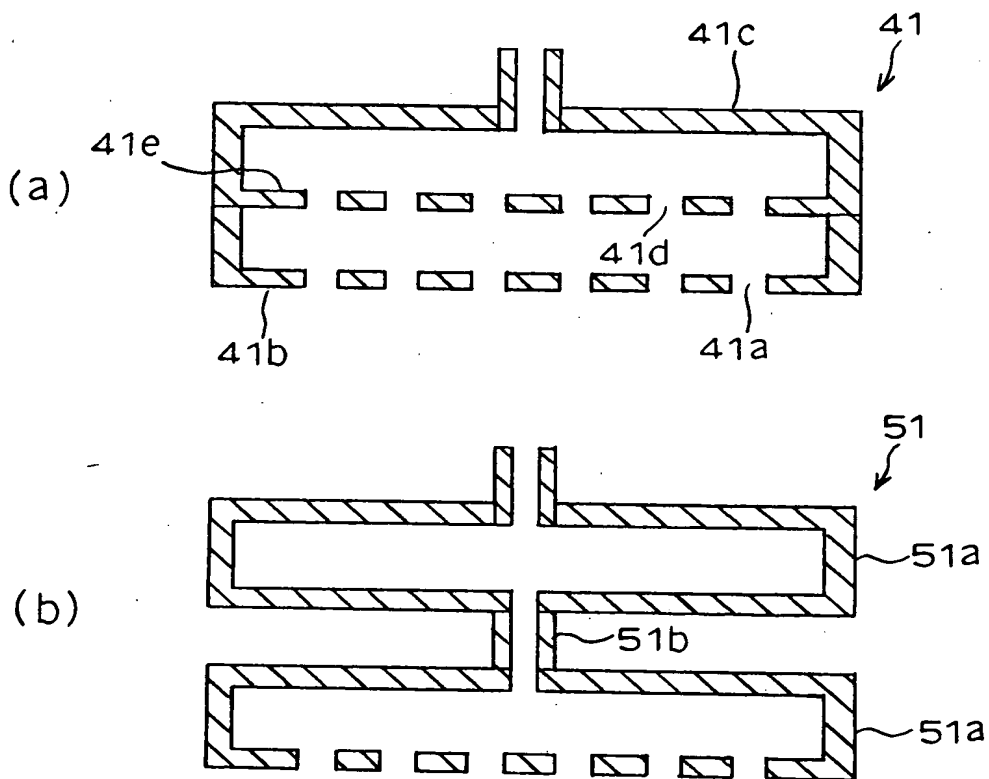


2 4 表面処理装置
2 ケーシング
2 a 上壁
2 b 周壁
3 プラズマ発生室
4 基板処理室
6 アノード電極
7 プラズマ吹出口
9 基板支持台

1 0 磁石
1 1' カソード電極
1 1 a 下壁部
1 1 b 貫通孔
1 1 c 上壁部
1 1 d ガス供給口
S 基板
P 高周波電源

【図 1 2】

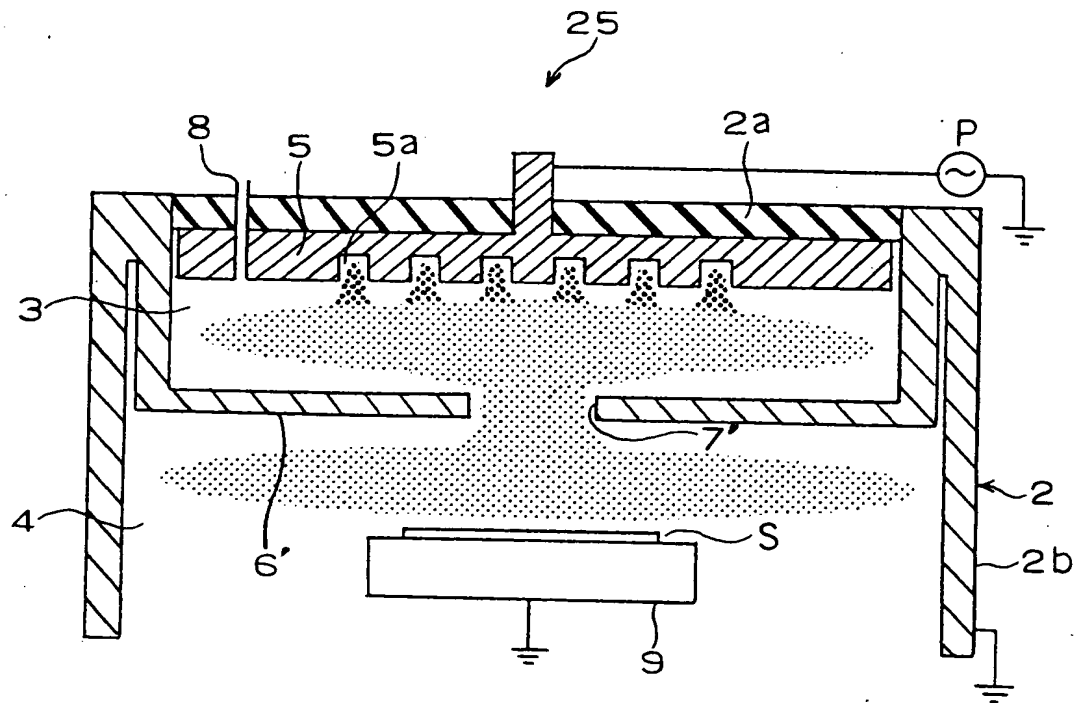
更に他の実施例による表面処理装置におけるカソード電極部分の概略図



- | | |
|-------|--------|
| 4 1 | カソード電極 |
| 4 1 a | 下壁部 |
| 4 1 b | 貫通孔 |
| 4 1 c | 上壁部 |
| 4 1 d | 貫通孔 |
| 4 1 e | 仕切り壁 |
| 5 1 | カソード電極 |
| 5 1 a | 中空電極部材 |
| 5 1 b | 連結口 |

【図 1 3】

更に他の実施例による表面処理装置の水平方向の概略断面図

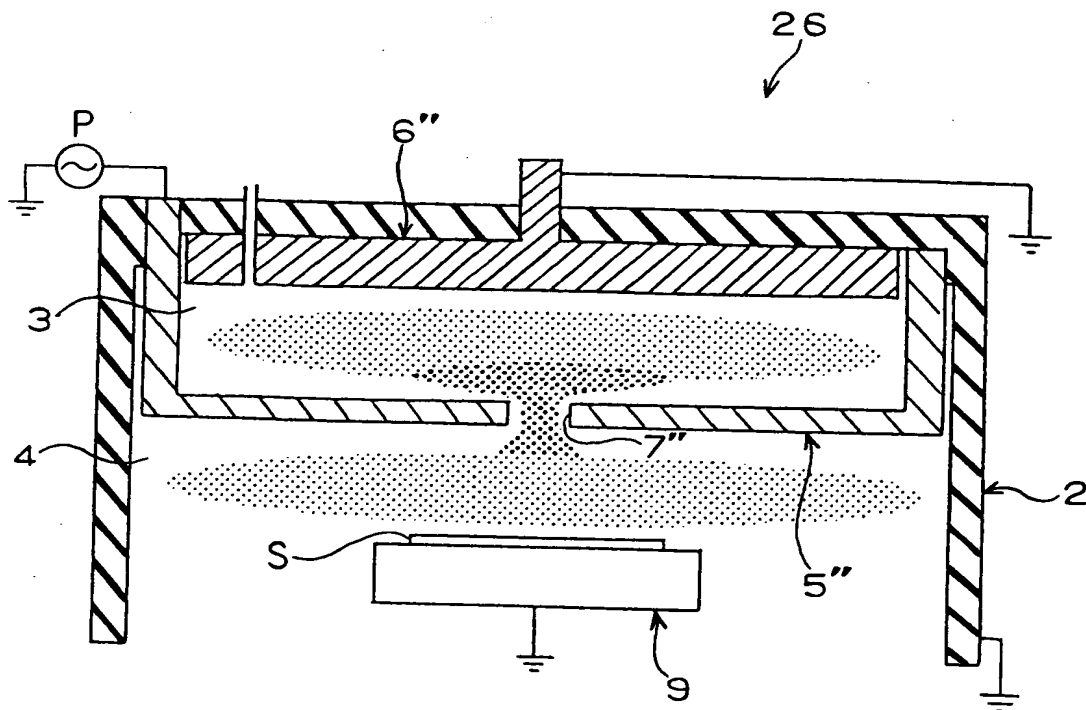


2 5 表面処理装置
2 ケーシング
2 a 上壁
2 b 周壁
3 プラズマ発生室
4 基板処理室

5 カソード電極
5 a 凹部
6' アノード電極
7' プラズマ吹出口
8 ガス供給口
9 基板支持台
S 基板
P 高周波電源

【図 14】

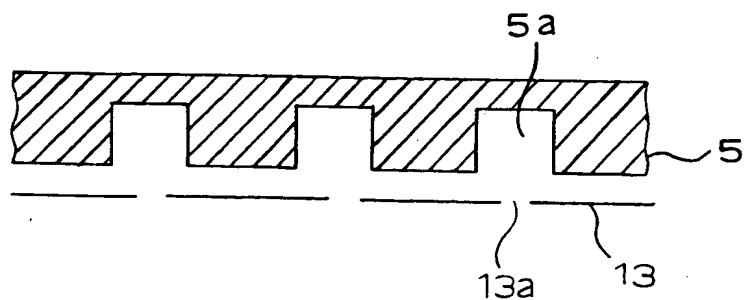
更に他の実施例による表面処理装置の水平方向の概略断面図



- | | |
|-----|---------|
| 2 6 | 表面処理装置 |
| 2 | ケーシング |
| 3 | プラズマ発生室 |
| 4 | 基板処理室 |
| 5'' | カソード電極 |
| 6'' | アノード電極 |
| 9 | 基板支持台 |
| S | 基板 |
| P | 高周波電源 |

【図 1 5】

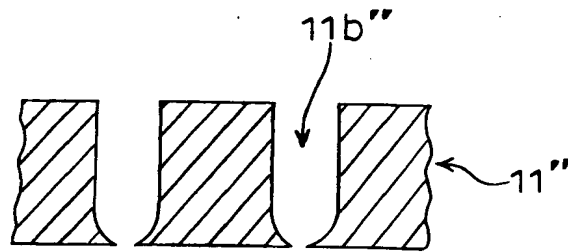
更に他の実施例による表面処理装置の水平方向の概略断面図



- 5 カソード電極
- 5 a 凹部
- 1 3 他の電極
- 1 3 a 小孔

【図 1 6】

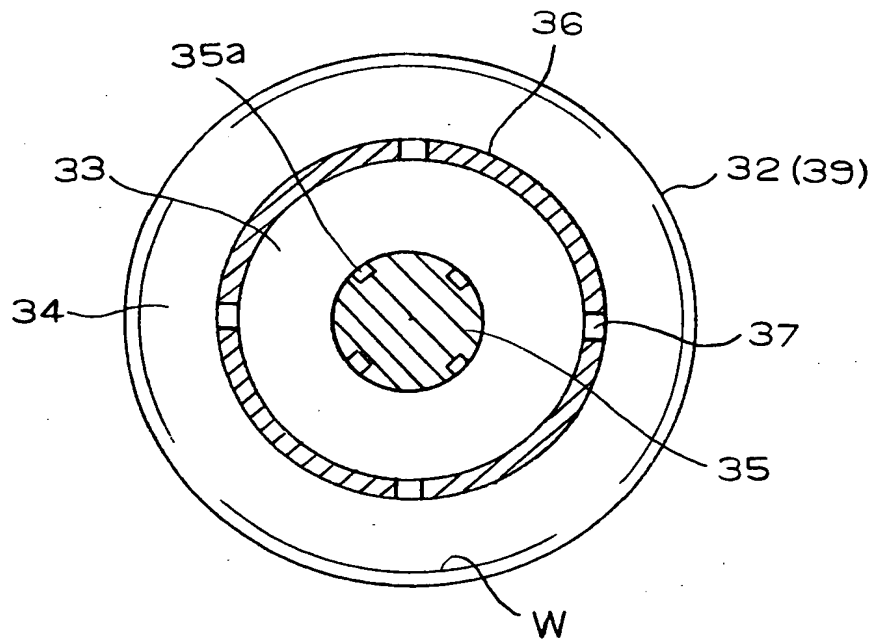
更に他の実施例による表面処理装置の水平方向の概略断面図



1 1 " カソード電極
1 1 b " 貫通孔

【図 1 7】

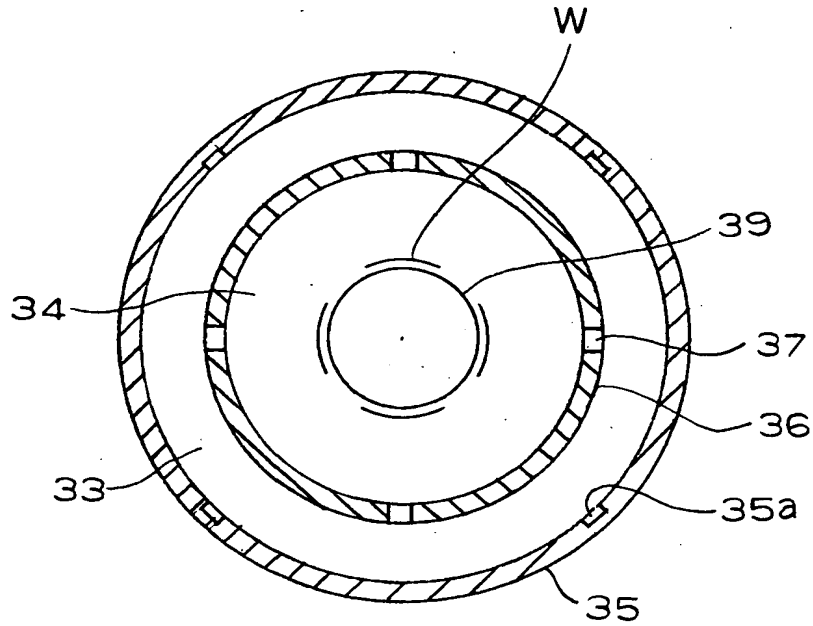
更に他の実施例による表面処理装置の水平方向の概略断面図



- | | |
|-------|---------|
| 3 2 | ケーシング |
| 3 3 | プラズマ発生室 |
| 3 4 | 基板処理室 |
| 3 5 | カソード電極 |
| 3 5 a | 凹部 |
| 3 6 | アノード電極 |
| 3 7 | プラズマ吹出口 |
| 3 9 | 基板支持台 |

【図 1 8】

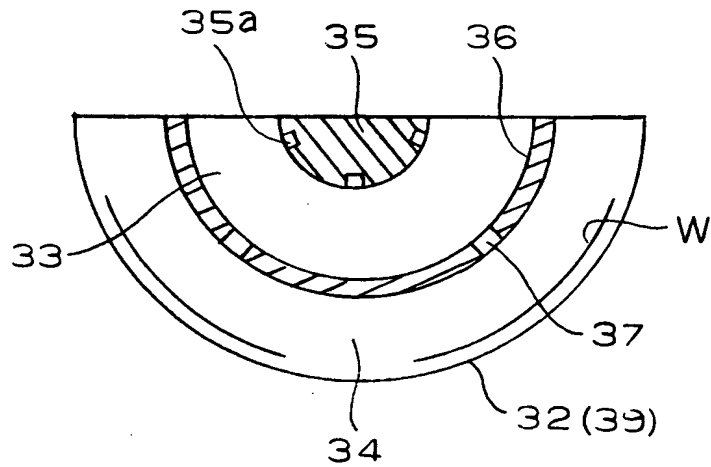
更に他の実施例による表面処理装置の水平方向の概略断面図



- 3 3 プラズマ発生室
- 3 4 基板処理室
- 3 5 カソード電極
- 3 5 a 凹部
- 3 6 アノード電極
- 3 7 プラズマ吹出口
- 3 9 基板支持台

【図 1 9】

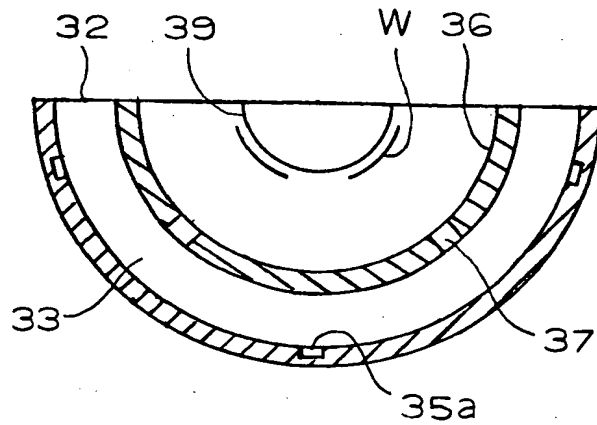
他の実施例による表面処理装置の水平方向の概略断面図



- | | |
|-------|---------|
| 3 2 | ケーシング |
| 3 3 | プラズマ発生室 |
| 3 4 | 基板処理室 |
| 3 5 | カソード電極 |
| 3 5 a | 凹部 |
| 3 6 | アノード電極 |
| 3 7 | プラズマ吹出口 |
| 3 9 | 基板支持台 |

【図 2 0】

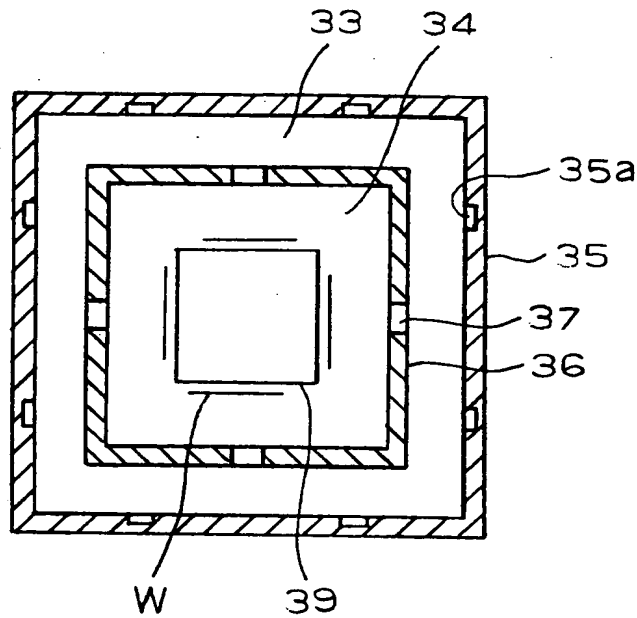
他の実施例による表面処理装置の水平方向の概略断面図



- | | |
|-------|---------|
| 3 2 | ケーシング |
| 3 3 | プラズマ発生室 |
| 3 5 a | 凹部 |
| 3 6 | アノード電極 |
| 3 7 | プラズマ吹出口 |
| 3 9 | 基板支持台 |

【図 2 1】

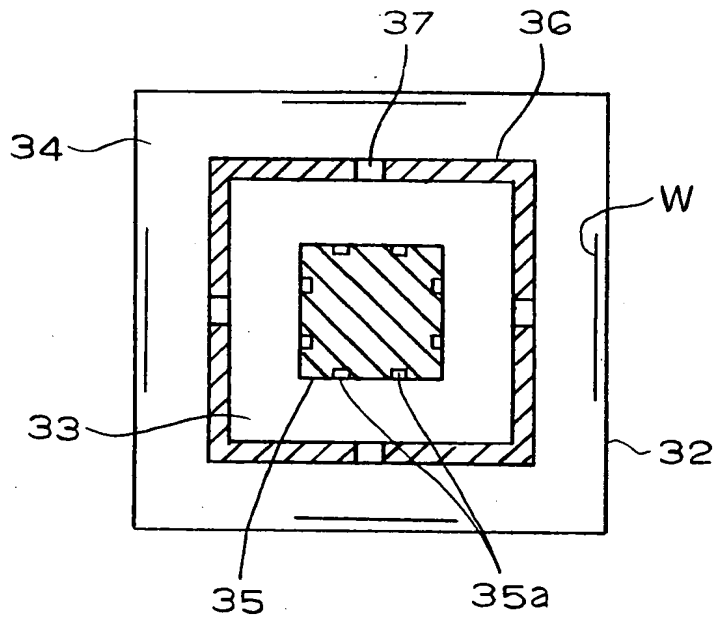
他の実施例による表面処理装置の水平方向の概略断面図



- | | |
|-------|---------|
| 3 3 | プラズマ発生室 |
| 3 4 | 基板処理室 |
| 3 5 | カソード電極 |
| 3 5 a | 凹部 |
| 3 6 | アノード電極 |
| 3 7 | プラズマ吹出口 |
| 3 9 | 基板支持台 |

【図 2 2】

他の実施例による表面処理装置の水平方向の概略断面図



- 3 2 ケーシング
- 3 3 プラズマ発生室
- 3 4 基板処理室
- 3 5 カソード電極
- 3 5 a 凹部
- 3 6 アノード電極
- 3 7 プラズマ吹出口

【書類名】要約書

【要約】

【課題】高速且つ高品質に表面処理が可能な表面処理装置を提供する。

【解決手段】表面処理装置(1) のケーシング(2) はプラズマ発生電極(5,6) を備えたプラズマ発生室(3) と、基板支持台(9) を備えた基板処理室(4) との二室に画成されている。前記両室(3,4) の隔壁を構成するアノード電極(6) にはプラズマ吹出口(7) が形成されている。上方のカソード電極(5) は凹部(5a)が形成されている。更に前記プラズマ吹出口(7) をホローアノード放電の発生域とし、前記凹部(5a)をホローカソード放電の発生域としている。

【選択図】図 1

認定・付加情報

特許出願の番号	平成11年 特許願 第347108号
受付番号	59901191474
書類名	特許願
担当官	第五担当上席 0094
作成日	平成11年12月 9日

<認定情報・付加情報>

【提出日】	平成11年12月 7日
-------	-------------

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 0 1 2 3 6]

1. 変更年月日	1 9 9 0 年 8 月 2 9 日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都港区赤坂二丁目 3 番 6 号
氏 名	株式会社小松製作所